



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR
BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG
PADA *MINIPLANT HEAT EXCHANGER***

**Anindya Ega Rastiti
NRP 10 51 15 000 00 007**

**Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.**

**Dosen Pembimbing II
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR
BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG
PADA *MINIPLANT HEAT EXCHANGER***

**Anindya Ega Rastiti
NRP 10 51 15 000 00 007**

**Dosen Pembimbing I
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.**

**Dosen Pembimbing II
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - TF 145565

***DESIGN BUILDING OF WATER LEVEL SENSOR
BASED CAPACITIVE IN STORAGE TANK ON
MINIPLANT HEAT EXCHANGER***

**Anindya Ega Rastiti
NRP 10 51 15 000 00 007**

***Advisor Lecturer I*
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.**

***Advisor Lecturer II*
Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T.**

***DIPLOMA III TECHNOLOGY OF INSTRUMENTATION
DEPARTEMENT OF INSTRUMENTATION
ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018***

RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG PADA MINIPLANT HEAT EXCHANGER

Oleh :

Surabaya, 1 Agustus 2018
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing II

Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., M.T
NPP. 1983201711054

Kepala Departemen
Teknik Instrumentasi FV-ITS



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc
NIP. 19620822 198803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN II

RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG PADA MINIPLANT HEAT EXCHANGER

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memperoleh salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ANINDYA EGA RASTITI
NRP. 10511500000007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. Dosen Pembimbing I
2. Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T. Dosen Pembimbing II
3. Ahmad Fauzan Adziimaa, S.T., M.Sc. Dosen Penguji

SURABAYA
2018

RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG PADA *MINIPLANT HEAT EXCHANGER*

Nama Mahasiswa : Anindya Ega Rastiti
NRP : 10511500000007
Prodi : DIII Teknologi Instrumentasi
Departemen : Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA.
2. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Rancang bangun sensor kapasitif untuk level air dibuat berbasis ATmega16A. Alat ini terdiri dari beberapa bagian yang saling berkaitan. Pembuatan sensor dilakukan dengan uji bahan yang dilakukan dengan menggunakan sepasang plat tembaga dengan ukuran panjang 53 cm lebar 5 cm dan tebal 1,2 cm menggunakan rangkaian RC Low Pass Filter dan rangkaian Peak detector dengan inputan PWM sebagai pembangkit sinyal. Selain itu juga Terdapat pengukuran nilai kapasitansi dengan hasil sebesar 2nF. Tujuan dari pembuatan alat ukur ini adalah untuk membuat alat ukur level dengan menggunakan efek kapasitansi. Analisa tingkat error, presisi, dan Akurasi alat dapat diketahui dengan membandingkan antara nilai yang sebenarnya dengan nilai yang diperoleh alat ukur. Hasil Pengujian alat menunjukkan range respon sebesar 4,185185 resolusi sebesar 7,269231 error sebesar 0,00202% rata – rata presisi sebesar 0,979% rata rata akurasi sebesar 0,98004657%.

Kata Kunci: Sensor Kapasitif, Presisi, Akurasi, Rangkaian RC Low Pass Filter , Rangkaian Peak Detector.

**DESIGN BUILDING CAPACITANCE SENSOR FOR WATER
LEVEL IN STORAGE TANK ON MINIPLANT HEAT
EXCHANGER**

Name	: Anindya Ega Rastiti
NRP	: 10511500000007
Study Programs	: DIII Technology of Instrumentation
Departement	: Instrumentation Engineering FV-ITS
Advisor Lecturer	: 1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA. 2. Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T.,M.T.

ABSTRACT

Design of capacitive sensors for air level based on ATMEgal6A. This tool consists of several parts that discuss each other. Sensor manufacture is done by test width 53 cm width 5 cm and length 1,2 cm using RC Low Pass Filter and Peak detector circuit with PWM input as signal generator. In addition, the measurement of capacitance with the result of 2nF. The purpose of making this measuring instrument is to make a level meter using the effect of capacitance. Error level analysis, precision, and Accuracy tools can be used by comparing. Testing tool results show the response range of 4.185185 resolution of 7.269231 error of 0, 0.0202% average precision of 0.979% average accuracy of 0.98004657%.

Keyword: *Capacitive Sensor, Precision, Accuracy, RC Low Pass Filter Circuit , Peak Detector.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sensor Level Air Berbasis Kapasitif Di Tangki Penampung Pada Miniplant Heat Exchanger”** dengan tepat waktu. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya D3 Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi ITS Surabaya. Serta penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Diantaranya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi.
2. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA dan Bapak Dwi Oktavianto Wahyu Nugroho, S.T., MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas segala ilmu dan bimbingan yang diberikan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Zulkifli, M.Sc selaku Dosen Wali penulis.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika dan Teknik Instrumentasi yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
5. Seluruh Staff Jurusan Teknik Instrumentasi yang telah membantu penulis dalam administrasi.
6. Ibu tercinta Palupi Ferawati, S.H serta Ayah Agus Ernanto, S.H., M.M dan seluruh keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan doa kepada penulis.
7. Seluruh anggota kelompok Tugas Akhir mini plant Heat Exchanger 2015 terimakasih telah bersama sama berjuang dalam pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai.
8. Mas Dayat yang telah membantu dan memberi masukan untuk perancangan rangkaian elektrik sensor kapasitif.
9. Teman-teman Teknik Instrumentasi dan teman teman S1 Teknik Fisika angkatan 2015 FTI-ITS.

10. Seluruh pihak yang terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih kurang sempurna. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan baik berupa saran, kritik, dan segala bentuk tegur sapa demi kesempurnaan laporan ini.

Demikian laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan dengan harapan dapat bermanfaat dalam akademik baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca.

Surabaya, 28 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN I	iii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Lingkup Tugas Akhir	2
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Sifat Listrik Bahan Logam	5
2.1.1 Konduktor	5
2.1.2 Kriteria Mutu Penghantar	6
2.2 Sensor Kapasitansi.....	7
2.3 Rangkaian RC	9
2.4 Low Pass Filter (LPF) RC	9
2.5 Rangkaian Peak Detector.....	13
2.6 Mikrokontroler AVR ATMEGA 16.....	14
2.6.1 Konfigurasi Pin ATmega16	15
2.6.2 ADC Internal Mikrokontroler	17
2.7 LCD (Liquid Crystal Display).....	18
BAB III METODOLOGI	23
3.1 Diagram Alir dan Diagram Blok Perancangan Alat.....	23
3.2 Pengujian Bahan	25
3.3 Pengukuran Nilai Kapasitansi.....	28
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Pengujian Bahan	33
4.2 Pengujian Sensor Kapasitif Bahan Tembaga – Tembaga	

Dalam Mengukur Ketinggian Air Menggunakan Rangkaian RC Low Pass Filter	37
4.3 Pengukuran Nilai Kapasitansi menggunakan LCR meter	47
4.4 Pengujian Sensor Kapasitif Pada Tangki Penampung ..	49
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A <i>LISTING</i> PROGRAM PADA CODE VISION AVR	
LAMPIRAN B DATASHEET ATmega 16	
LAMPIRAN C DATASHEET LM 358N	
LAMPIRAN D DATASHEET SENSOR LEVEL KAPASITIF	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Konsep Dasar Kapasitansi.....	8
Gambar 2.2	Rangkaian RC Low Pass Filter	10
Gambar 2.3	Respon Frekuensi dari Orde 1 Low Pass Filter....	12
Gambar 2.4	Zona Pass Band dan Zona Stop Band Pada Rangkaian Low Pass Filter.....	13
Gambar 2.5	Rangkaian Peak Detector	14
Gambar 2.6	Mikrokontroler AVR Atmega 16	15
Gambar 2.7	Pin – Pin AVR Atmega 16	15
Gambar 2.8	LCD 16 X 2.....	18
Gambar 2.9	Konfigurasi Pin LCD 16 X 2.....	19
Gambar 2.10	CodeVision AVR	20
Gambar 2.11	Tampilan Menu CodeVision AVR.....	22
Gambar 3.1	Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir.....	23
Gambar 3.2	Diagram Sensor Level Berbasis Kapasitansi.....	24
Gambar 3.3	Sepasang Plat Tembaga dan Sepasang Plat Aluminium Dengan bahan Isolator	25
Gambar 3.4	Pengujian Untuk Menentukan Bahan Yang Sesuai	26
Gambar 3.5	Pemasangan Rangkaian RC Low Pass Filter	27
Gambar 3.6	Pengukuran Nilai Kapasitansi Menggunakan LCR Meter	28
Gambar 3.7	Modul Sensor Kapasitif.....	30
Gambar 3.8	Sensor Level Berbasis Kapasitif	30
Gambar 3.9	List Porting Sensor Level Pada Mikrocontroller..	31
Gambar 3.10	Flowchart Program Sensor Level Kapasitif	32
Gambar 4.1	Grafik Pengujian Tembaga - Tembaga	34
Gambar 4.2	Grafik Pengujian Tembaga - Aluminium	36
Gambar 4.3	Grafik Pengujian Aluminium - Aluminium.....	37
Gambar 4.4	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 5 cm	38
Gambar 4.5	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 10 cm	39
Gambar 4.6	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 15 cm	40
Gambar 4.7	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 20 cm ..	

	.....	41
Gambar 4.8	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 25 cm .	
	.....	42
Gambar 4.9	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 30 cm .	
	.....	43
Gambar 4.10	Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 35 cm .	
	.....	44
Gambar 4.11	.....Grafik Pengukuran Ketinggian Air Dengan Tegangan Terhadap Frekuensi	46
Gambar 4.12	Hasil Pengukuran Menggunakan Oscilloscope	47
Gambar 4.13	Frekuensi Yang Tertera Pada Function Generator	47
Gambar 4.14	Grafik Pengukuran Nilai Kapasitansi	49
Gambar 4.15	Grafik Linieritas Dari Karakteristik Sensor Antara Data Bit Terhadap Tinggi	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konduktifitas Listrik Berbagai Macam Logam	5
Tabel 2.2	koefisien Suhu Hambatan Listrik dan Resistivitas Bahan Logam.....	6
Tabel 2.3	Dielectric Constant Suatu Bahan	9
Tabel 2.4	Fungsi Khusus Port B	16
Tabel 2.5	Fungsi Khusus Port C	16
Tabel 2.6	Fungsi Khusus Port D	17
Tabel 2.7	Spesifikasi Pin LCD 16 X 2.....	19
Tabel 4.1	Pengujian Bahan Tembaga - Tembaga	33
Tabel 4.2	Pengujian Bahan Tembaga - Aluminium	34
Tabel 4.3	Pengujian Bahan Aluminium - Aluminium.....	36
Tabel 4.4	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 5 cm	38
Tabel 4.5	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 10 cm	39
Tabel 4.6	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 15 cm	40
Tabel 4.7	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 20 cm	41
Tabel 4.8	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 25 cm	42
Tabel 4.9	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 30 cm	43
Tabel 4.10	Pengukuran Drop Tegangan Dengan Mengubah Nilai Frekuensi Pada Ketinggian Air 35 cm	44
Tabel 4.11	Grafik Pengukuran Ketinggian Air Dengan Tegangan Terhadap Frekuensi.....	45
Tabel 4.12	Pengukuran Nilai Kapasitansi	48
Tabel 4.13	Pengujian Sensor Kapasitif Pada Tangki Penampung	50
Tabel 4.14	Nilai range Respon dan Resolusi Pada Pengujian Sensor Level Kapasitif.....	51
Tabel 4.15	Data Pengukuran Ketinggian Antara Pembacaan Di LCD Dan Penggaris	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada simulator alat penukar panas terdapat sebuah tangki yang harus diukur level airnya. Pengukuran level air dilakukan pada sebuah tangki penampung dimana air yang ada pada tangki tersebut harus dijaga sesuai set point. Pengukuran level air dapat dilakukan dengan sebuah sensor. Sensor adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi besaran listrik berupa tegangan, resistansi, dan arus listrik^[1]. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian saat melakukan pengukuran atau pengendalian, salah satu jenis sensor adalah sensor kapasitif. Sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Sensor kapasitif yang akan dibuat bekerja berdasarkan perubahan muatan energi listrik yang dapat disimpan oleh sensor akibat perubahan jarak lempeng, perubahan luas penampang, dan perubahan volume dielektrikum sensor kapasitif tersebut. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan - muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrikum^[2].

Pembuatan sensor kapasitif sangat penting untuk dilakukan salah satunya pada pengukuran ketinggian air. Alasan dilakukan pembuatan sensor berbasis kapasitif dikarenakan penggunaan sensor kapasitif sangat rendah dan murah, baik untuk kontrol ganda (tingkat kontrol switching) dalam satu instrumen, baik untuk aplikasi tekanan tinggi, kepekaan yang tinggi. Akan tetapi sensor kapasitif memiliki kekurangan yaitu kontaminasi probe dengan mengikuti material dapat mempengaruhi hasil, terbatas aplikasi untuk produk – produk dari berbagai konduktivitas, kemungkinan terjadi korosi elektrolitik, perlunya frekuensi yang tinggi. Pembuatan sensor kapasitif ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui ketinggian level air, kapasitansi, tegangan dan frekuensi dengan menggunakan mikrocontroller ATmega 16 dan

LCD.

Untuk itu pada tugas akhir ini akan dilakukan perubahan level melalui efek kapasitansi dengan cara mencelupkan dua lempeng logam dengan luasan tertentu yang berisi air diantara kedua lempeng tersebut. Perubahan level air yang ada di kedua lempeng akan berdampak terhadap nilai kapasitansinya dan tentu saja akan mengakibatkan perubahan tegangan sehingga pengukuran level diharapkan dapat diukur dengan menggunakan sensor berdasarkan perubahan kapasitansi. Hasil tugas akhir ini berupa sensor level dengan mempergunakan efek kapasitansi dimana jika dipergunakan pada fluida yang berbeda maka efek kapasitansinya berbeda pula. Sehingga sensor level berbasis kapasitansi sangat bagus untuk proses pengendalian

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, permasalahan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang sensor berbasis kapasitansi untuk dapat dipergunakan mengukur level air pada tangki terbuka?
- b. Bagaimana mengetahui kinerja sensor level berbasis perubahan kapasitansi?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu:

- a. Akan dilakukan perancangan sensor berbasis kapasitansi untuk dapat dipergunakan mengukur level air pada tangki terbuka.
- b. Mampu mengetahui kinerja sensor level berbasis kapasitansi.

1.4 Lingkup Tugas Akhir

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka lingkup tugas akhir yang diangkat adalah

sebagai berikut :

- a. Merancang sensor level dengan mempergunakan perubahan kapasitansi. Dalam hal ini mempergunakan dua lempeng logam tembaga dengan panjang 53 cm lebar 5 cm tebal 1,8 mm yang diletakkan saling berhadapan sejauh 1mm. Kedua lempeng logam ini dicelupkan kedalam air yang level permukaannya berubah ubah.
- b. Perubahan level yang terjadi diantara kedua lempeng tersebut diharapkan dapat merubah nilai konstanta dielektrik yang berdampak pada perubahan kapasitansi.
- c. Sensor level dengan menggunakan efek kapasitansi bersifat khusus dalam hal ini jika dipergunakan untuk mengukur level fluida air dengan temperatur normal pada tangki penampung.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang, ruusan masalah, tujuan, lingkup tugas akhir, dan sistematika penulisan laporan dalam tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang terkait dalam pembuatan tugas akhir ini.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini diuraikan tentang penjelasan mengenai perancangan dan pembuatan alat. produk akhir dari tahap ini adalah sebuah alat ukur ketinggian yang mengimplementasikan sensor kapasitif berbasis mikrokontroller ATMEGA !6.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini memuat tentang hasil pengujian dari

perangkat yang dibuat beserta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat tentang kesimpulan dan saran dari pembuatan tugas akhir ini

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sifat Listrik Bahan Logam

Pada dasarnya sifat logam merupakan suatu peristiwa pertemuan antara atom – atom dalam logam tersebut. Setiap logam yang berbeda jenis selalu memiliki ciri dan struktur atom yang berbeda pula. Perbedaan jenis tersebut berdampak pula dalam segi baik atau tidaknya logam tersebut bila digunakan dalam penghantar listrik. Disetiap logam yang mempunyai jenis yang berbeda, terdapat unsur – unsur atom didalam logam tersebut yang saling berkaitan. Keterkaitan logam dan jenis kerapatan, struktur dan jenis atomnya dapat berpengaruh pada tingkat tinggi rendahnya sifat penghantar listrik yang dimiliki logam tersebut. Agar dapat diketahui nilai konduktivitas dari logam tersebut diketahui baik atau tidaknya logam yang diukur bila digunakan sebagai penghantar listrik yang baik.

2.1.1 Konduktor

Bahan konduktor yang baik adalah bahan yang mudah mengalirkan arus listrik, umumnya terdiri dari logam dan air. Kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik ditunjukkan oleh besarnya harga konduktivitas listrik atau daya hantar listrik bahan tersebut (σ). Konduktivitas listrik berbagai bahan konduktor dalam satuan Mho/m ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Konduktifitas Listrik Berbagai Logam^[3]

Jenis Logam	Konduktivitas (σ) Mho/m
Perak (Ag)	$6,1 \times 10^7$
Tembaga (Cu)	$5,7 \times 10^7$
Emas (Au)	$4,1 \times 10^7$
Alumunium (Al)	$3,8 \times 10^7$
Kuningan (70% Cu – 30%Zn)	$1,7 \times 10^5$
Besi (Fe)	$1,0 \times 10^5$

Baja Karbon (Fe-C)	$0,6 \times 10^5$
--------------------	-------------------

Kebalikan dari harga konduktivitas listrik suatu bahan adalah resistivitas atau hambatan jenis dengan simbol ρ (rho). Bahan konduktor memiliki resistivitas yang rendah. Untuk bahan konduktor, resistivitas berbanding lurus dengan suhu. Tetapi pada suhu mendekati titik nol kemiringan (*slope*) dari hubungan linier ditunjukkan oleh koefisien suhu hambatan listrik. Koefisien suhu hambatan listrik bahan konduktor (logam) nilainya adalah positif, sehingga logam – logam pada umumnya dinamakan jenis PTC (*possitive Temperature Coefficient of Resistivity*).

Tabel 2.2 Koefisien Suhu Hambatan Listrik dan Resistivitas Bahan Logam^[3]

Bahan	α ($^{\circ}\text{C}; k$)	ρ (ohm - meter)
Alumunium	0,0039	$2,63 \times 10^{-8}$
Kuningan	0,0020	$7-8 \times 10^{-8}$
Konstantan	2×10^{-6}	$3,5 \times 10^{-8}$
Tembaga	0,00393	$1,72 \times 10^{-8}$
Manganin	0,00000	$4,4 \times 10^7$
Perak	0,0038	$1,47 \times 10^8$

2.1.2 Kriteria Mutu Penghantar

Konduktivitas logam penghantar sangat dipengaruhi oleh unsur – unsur pemandu, *impurity* atau ketidaksempurnaan dalam kristal logam yang ketiganya banyak berperan dalam proses pembuatan penghantar itu sendiri. Unsur – unsur pemandu selain mempengaruhi konduktivitas listrik akan mempengaruhi sifat – sifat mekanika dan fisika lainnya. Logam murni memiliki konduktivitas listrik yang lebih baik daripada yang lebih rendah kemurniannya. Penghantar tenaga listrik, selain mensyaratkan konduktivitas yang tinggi juga membutuhkan sifat mekanis dan fisika tertentu yang disesuaikan dengan penggunaan penghantar itu sendiri. Selain masalah teknis, penggunaan logam sebagai penghantar ternyata juga dapat ditentukan oleh nilai ekonomis logam tersebut dimasyarakat. Sehingga antara nilai teknis dan ekonomis logam yang akan digunakan diperhatikan. Nilai

termurahlah yang akan menentukan logam mana yang akan digunakan, pada saat ini logam tembaga dan aluminium adalah logam yang dipilih dari logam penghantar lainnya yang memenuhi nilai teknis ekonomis termurah.

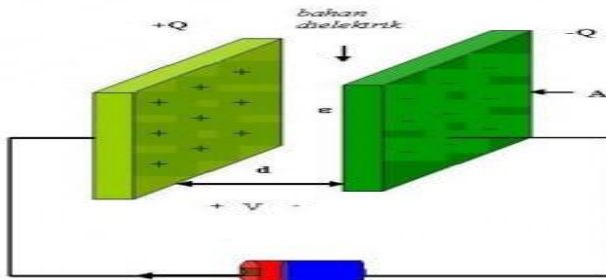
Dari jenis – jenis logam penghantar pada tabel 2.1 tembaga merupakan penghantar yang paling lama digunakan dalam bidang kelistrikan, pada tahun 1913 oleh *International Electrochemical Annealed Cooper Standart (IACS)* menyebutkan bahwa untuk kawat tembaga memiliki konduktivitas listrik 100% *IACS*. Akan tetapi dengan kemajuan teknologi proses pembuatan tembaga yang dicapai dewasa ini tingkat kemurnian tembaga pada kawat penghantar jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan tahun 1913.

2.2 Sensor Kapasitansi

Kapasitor atau kapasitif adalah suatu komponen elektronika yang terdiri dari dua buah plat penghantar sejajar yang disekat satu sama lain dengan suatu bahan elektrik^[4]. Komponen – komponen ini sangat penting dalam elektronika karena memiliki sifat sifat seperti berikut :

1. Dapat menyimpan muatan listrik
2. Dapat menahan arus searah
3. Dapat melewatkan arus bolak – balik

Sensor kapasitif ini serupa dengan alat ukur regangan sebuah ukuran sel kapasitansi perubahan dalam karakteristik listrik. Kapasitif adalah sebuah alat yang menyimpan muatan listrik, terdiri dari pelat logam yang dipisahkan oleh isolator listrik, pelat logam yang terhubung ke sebuah sirkuit listrik eksternal. Muatan listrik dapat ditransfer dari satu pelat logam yang lain. Kapasitansi sebuah kapasitif yaitu ukuran kemampuannya untuk menyimpan muatan. Kapasitansi – kapasitansi dari suatu kapasitor berbanding lurus dengan daerah pelat logam dan berbanding terbalik dengan jarak antar kedua pelat logam. Ini juga tergantung pada karakteristik dari bahan isolasi yang berada diantara pelat dan kapasitor. Karakteristik ini disebut permitivitas adalah ukuran seberapa baik bahan isolasi meningkatkan kemampuan kapasitor menyimpan muatan.



Gambar 2.1 Konsep Dasar Kapasitansi^[4]

Satuan kapasitansi adalah coulomb / Volt (C/V) atau farad (F). Satu farad adalah jumlah muatan listrik sebesar satu coulomb yang disimpan didalam elektrik (zat perantara) dengan beda potensial sebesar satu volt. Kapasitansi suatu kapasitor bergantung pada :

1. Bahan dielektrik yang digunakan
2. Luas dari masing – masing pelat
3. Jarak antara kedua pelat

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana,

- C = Kapasitansi dalam farad (F)
 A = Luas pelat (cm²)
 d = Jarak pelat (cm)
 ε = Permittivitas

Berdasarkan rumus diatas dapat diketahui bahwa sensor kapasitif merupakan sensor elektronika yang bekerja berdasarkan konsep kapasitif. Konsep kapasitor yang digunakan dalam sensor kapasitif adalah proses menyimpan dan melepas energi listrik dalam bentuk muatan – muatan listrik pada kapasitor yang dipengaruhi oleh luas permukaan, jarak dan bahan dielektrum.

Tabel 2.3 Dielektrik Constant Suatu Bahan^[5]

Material	Dielektrik Constant (ϵ)
Udara kering (68°F)	1,000536
Air	4 - 88
Kayu kering	2 - 6
Kertas minyak	4
Kaca	3,7 - 10
kertas	2,3

2.3 Rangkaian RC

Rangkaian RC atau yang biasa di sebut dengan rangkaian Resistor dan Kapasitor sering dijumpai dalam suatu rangkaian elektronika. Rangkaian RC tersusun dari dari satu resistor dan satu kapasitor yang merupakan *rangkaian rc* paling sederhana. Komponen dalam suatu rangkaian Resistor – Kapasitor dapat di gunakan untuk menyaring sinyal dengan cara menahan (block) frekuensi sinyal tertentu dan meneruskan sinyal yang lainnya. Filter RC terbagi menjadi 4 macam, di antaranya high – pass filter, low – pass filter, band – pass filter dan band – stop filter.

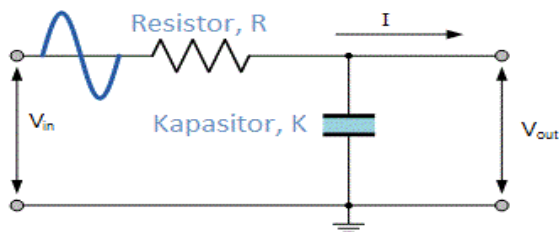
Filter low-pass (LPF) adalah filter yang melewatkan sinyal dengan frekuensi yang lebih rendah daripada frekuensi cutoff tertentu dan melemahkan sinyal dengan frekuensi yang lebih tinggi daripada frekuensi cutoff. Respons frekuensi yang tepat dari filter tergantung pada desain filter. Filter ini kadang-kadang disebut filter high-cut, atau filter treble-cut dalam aplikasi audio. Filter low-pass adalah pelengkap filter high-pass.

2.4 Low Pass Filter (LPF) RC

Low Pass Filter adalah rangkaian yang dapat dirancang untuk memodifikasi, membentuk kembali atau menolak semua frekuensi tinggi yang tidak diinginkan dari sinyal listrik dan menerima atau hanya melewatkan sinyal yang diinginkan oleh perancang sirkuit. Dengan kata lain "mem-filter" sinyal yang tidak diinginkan dan filter ideal akan memisahkan dan melewati sinyal input sinusoidal berdasarkan frekuensi. Pada aplikasi frekuensi rendah (sampai 100 kHz), filter pasif umumnya dibangun menggunakan jaringan RC (Resistor-Capacitor) sederhana,

sementara filter frekuensi yang lebih tinggi (di atas 100 kHz) biasanya dibuat dari komponen RLC (Resistor-Induktor-Kapasitor).

RC Low Pass Filter atau LPF, dapat dengan mudah dibuat dengan menghubungkan bersama secara seri Resistor tunggal dengan Kapasitor tunggal seperti yang ditunjukkan di bawah ini. Dalam jenis pengaturan filter, sinyal input (V_{in}) diterapkan pada kombinasi seri (keduanya Resistor dan Kapasitor bersamaan) namun sinyal Output (V_{out}) diambil di kapasitor saja. Jenis filter ini dikenal umumnya sebagai "filter orde-pertama" atau "filter satu-kutub", Karena hanya memiliki komponen reaktif "satu", kapasitor, di rangkaian.



Gambar 2.2 Rangkaian RC Low Pass Filter^[6]

Reaktansi kapasitif kapasitor dalam rangkaian AC diberikan sebagai:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana,

- X_C = Reaktansi Kapasitif (Ω)
- C = Kapasitansi dalam farad (F)
- π = phi (3,14)
- f = Frekuensi (Hz)

Perlawanan terhadap aliran arus pada rangkaian AC disebut impedansi, simbol Z dan rangkaian yang terdiri dari satu

resistor secara seri dengan satu kapasitor, impedansi rangkaian dihitung sebagai:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana,

Z = Impedansi (Ω)

R = Hambatan (Ω)

X_c = Reaktansi Kapasitif (Ω)

Kemudian dengan mengganti persamaan untuk impedansi di atas ke dalam persamaan pembagi potensial resistif, diberikan:

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = V_{in} \frac{X_c}{Z} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana,

V_{in} = Tegangan Masuk (V)

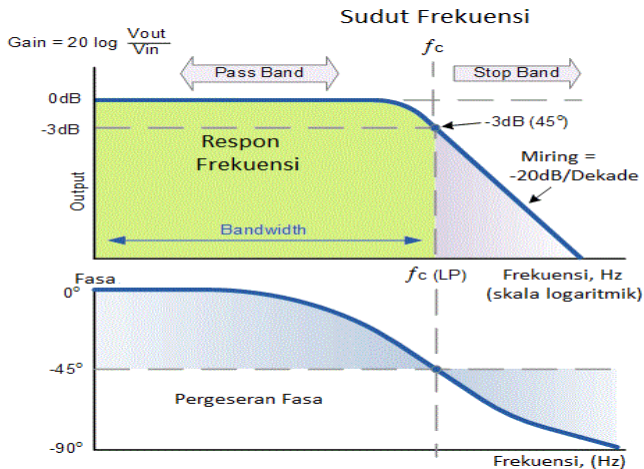
V_{out} = Tegangan Keluaran (V)

Z = Impedansi (Ω)

R = Hambatan (Ω)

X_c = Reaktansi Kapasitif (Ω)

Jadi, dengan menggunakan persamaan pembagi potensial dari dua resistor secara seri dan mengganti impedansi, dapat menghitung tegangan output Filter RC untuk frekuensi yang diberikan.



Gambar 2.3 Respon Frekuensi dari Orde-1 Low Pass Filter^[7]

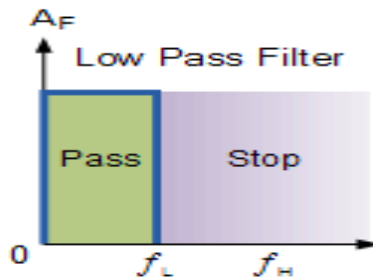
Bode Plot menunjukkan Respon Frekuensi filter menjadi hampir datar untuk frekuensi rendah dan semua sinyal input dilewatkan langsung ke output, menghasilkan gain hampir 1, disebut persatuan, hingga mencapai Frekuensi titik-potong titik (f_c). Ini karena reaktansi kapasitor tinggi pada frekuensi rendah dan menghalangi aliran arus apapun melalui kapasitor. Setelah titik frekuensi cut-off ini, respon rangkaian berkurang menjadi nol pada kemiringan -20dB/Dekade atau (-6dB/Oktaf) "Bergulir". Perhatikan bahwa sudut kemiringan, Bergulir -20dB/Dekade ini akan selalu sama untuk kombinasi RC manapun. Setiap sinyal frekuensi tinggi yang diterapkan pada rangkaian low pass filter di atas titik frekuensi cut-off ini akan menjadi sangat dilemahkan, yaitu penurunannya dengan cepat. Hal ini terjadi karena pada frekuensi yang sangat tinggi reaktansi kapasitor menjadi sangat rendah sehingga memberi efek kondisi hubung singkat pada terminal output sehingga menghasilkan output nol.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana,

C	= Kapasitansi dalam farad (F)
R	= Hambatan (Ω)
π	= phi (3,14)
f	= Frekuensi (Hz)

Kemudian dengan hati-hati memilih kombinasi resistor-kapasitor yang benar, dapat membuat rangkaian RC yang memungkinkan rentang frekuensi di bawah nilai tertentu melewati rangkaian yang tidak terpengaruh sementara frekuensi yang diterapkan pada rangkaian di atas cut-off ini dilemahkan, menciptakan apa yang biasa disebut Low Pass Filter. Untuk rangkaian "Low Pass Filter" jenis ini, semua frekuensi di bawah cut-off ini, titik f_c yang tidak berubah dengan sedikit atau tanpa attenuasi dan dikatakan berada di zona filter Pass band. Zona pass band ini juga mewakili Bandwidth filter. Setiap frekuensi sinyal di atas titik cut-off ini umumnya dikatakan berada di filter zona Stop band dan akan sangat dilemahkan.

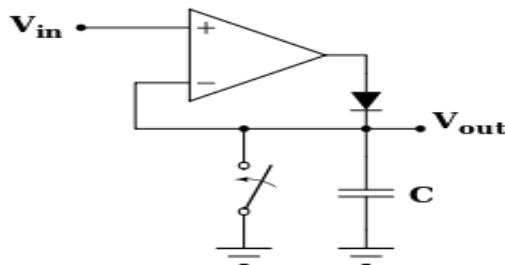


Gambar 2.4 Zona Pass Band dan Zona Stop Band Pada Rangkaian Low Pas Filter^[8]

2.5 Rangkaian Peak Detector

Sirkuit detektor puncak (peak Detector) adalah rangkaian yang mampu mengukur amplitudo puncak yang terjadi dalam bentuk gelombang. Peak detector dapat memberi tahu nilai tertinggi yang dicapai oleh bentuk gelombang. Rangkaian detektor puncak yang paling sederhana dapat dibangun tanpa memerlukan

komponen kompleks seperti chip, dapat dibangun hanya dengan dioda dan sebuah kapasitor. Sebuah dioda dan kapasitor ditempatkan secara seri satu sama lain. Dioda adalah perangkat arus satu arah yang hanya memungkinkan arus mengalir dalam satu arah, prinsip dalam rangkaian detektor puncak menempatkan sumber tegangan positif secara seri dengan dioda bias maju dan seri dengan kapasitor. Ini memungkinkan arus mengalir dari sumber daya melalui dioda dan kemudian mengisi kapasitor. Dengan setiap puncak baru dalam bentuk gelombang, kapasitor mengisi hingga tingkat itu. Ini mengikuti sinyal,



Gambar 2.5 Rangkaian Peak Detector^[9]

2.6 Mikrokontroler AVR ATMEGA 16

AVR merupakan seri Mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 *register general-purpose, timer/counter* fleksibel dengan mode *compare, interrupt* internal dan eksternal, serial *UART, programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*. Beberapa diantaranya mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. Chip AVR yang digunakan untuk tugas akhir ini adalah ATmega 16.

ATmega16 memiliki kapasitas EEPROM 1024 bytes dan kapasitas FLASH 16K words (32K bytes) sehingga program yang dibuat dapat memiliki ukuran besar. Gambar 2.3 menunjukkan

mikrokontroler AVR ATmega 16.

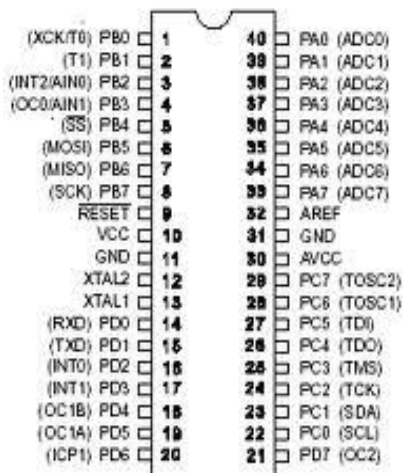


Gambar 2.6 Mikrokontroler AVR ATmega 16^[10]

2.6.1 Konfigurasi Pin ATmega16

Konfigurasi pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*Dual Inline Package*). Kemasan pin tersebut terdiri dari 4 *Port* yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*. Masing masing *port* terdiri dari 8 buah pin. Selain itu juga terdapat pin RESET, VCC, GND 2 buah, VCC, XTAL1, XTAL2 dan AREF.

Gambar 2.4 menunjukkan pin-pin pada mikrokontroler AVR ATmega 16.



Gambar 2.7 Pin - Pin AVR Atmega 16^[11]

Deskripsi dari pin-pin ATmega16 dijelaskan sebagai berikut^[12]:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya
2. GND merupakan pin ground
3. PORT A (PA0..PA7) merupakan pin input/output dua arah dan pin masukan ADC.
4. PORT B (PB0-PB7) merupakan pin input/output dua arah dan pin yang memiliki fungsi khusus, seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port B

PIN	Fungsi Khusus
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Cunter Input)
PB0	T0 T1 (Timer/Counter0 External Cunter input) XCK (USART External Clock Input/Output)

5. PORT C (PC0-PC7) merupakan pin input/output dua arah dan pin yang memiliki fungsi khusus, seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port C

PIN	Fungsi Khusus
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator pin2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator pin1)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two – Wire Serial Bus Data Input Output Line)

PC0	SCL (Two – Wire Serial Bus Clock Line)
-----	--

6. PORT D (PD0-PD7) merupakan pin input/output dua arah dan pin yang memiliki fungsi khusus, seperti ditunjukkan oleh Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Fungsi Khusus Port D

PIN	Fungsi Khusus
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. AVCC merupakan pin masukan tegangan ADC.
9. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.6.2 ADC Internal Mikrokontroler

ADC internal yang disediakan mikrokontroler ATmega16 ada 8 chanel yang dialokasikan pada port A dimulai dari port A.0 - port A.7. Mikrokontroler ini hanya memiliki satu ADC internal namun masukan ADC disediakan 8 *channel*. Sebelum menggunakan ADC internal ini, *channel* yang akan digunakan harus ditentukan melalui program yaitu dengan mengatur register *channel* ADC internal. Resolusi ADC internal dapat dipilih menggunakan 8 bit atau 10 bit. Mode ADC juga dapat ditentukan apakah mode *free running* atau *interrupt*. Frekuensi

sampling ADC juga dapat diatur melalui pemilihan yang ada pada *wizard* dan tegangan referensi ADC juga dapat diatur apakah dari internal atau eksternal bila *compiler* yang digunakan adalah Code Vision AVR. *Wizard* pada *compiler* Code Vision AVR memudahkan pengaturan fasilitas apa saja yang akan digunakan.

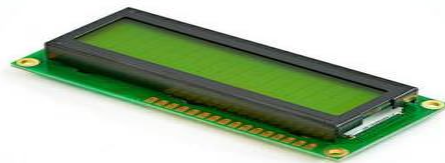
Adapun persamaan yang digunakan untuk melakukan konversi data analog ke data digital dinyatakan oleh persamaan 2.2 dan 2.3.

$$ADC = \frac{V_{in.255}}{V_{ref}} \quad \text{untuk resolusi ADC sebesar 8 bit (2.6)}$$

$$ADC = \frac{V_{in.1023}}{V_{ref}} \quad \text{untuk resolusi ADC sebesar 10 bit (2.7)}$$

Berdasarkan persamaan 2.2 dan 2.3, apabila digunakan resolusi 8 bit dan tegangan V_{ref} sebesar 5.1 Volt dari referensi eksternal maka besarnya resolusi untuk kenaikan 1 bit adalah 5.1 volt dibagi 255 menghasilkan 20 mV untuk 1 LSB. Jadi saat V_{in} ADC bernilai 5.1 V maka data ADC akan bernilai 255. Sedangkan V_{in} ADC bernilai 0 V maka data ADC akan bernilai 0.

2.7 LCD (Liquid Crystal Display)



Gambar 2.8 LCD 16X2^[13]

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang dgunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk

menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

- Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- Terdapat karakter generator terprogram.
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin LCD 16 x 2^[14]

Tabel 2.7 Spesifikasi Pin LCD 16 x 2

Pin	Simbol	Nilai	Fungsi
1.	Vss	-	<i>Power supply</i> 0 volt (ground)
2.	Vdd	-	<i>Power supply</i> Vcc
3.	Vee	-	Seting kontras
4.	Rs	0/1	0: intruksi input / 1: data input
5.	Rw	0/1	0: tulis ke LCD / 1: membaca dari LCD
6.	E	0→1	Mengaktifkan sinyal
7.	D0	0/1	Data pin 0
8.	D1	0/1	Data pin 1
9.	D2	0/1	Data pin 2
10.	D3	0/1	Data pin 3
11.	D4	0/1	Data pin 4
12.	D5	0/1	Data pin 5
13.	D6	0/1	Data pin 6
14.	D7	0/1	Data pin 7
15.	LEDA	-	Power 5 Volt (Vcc) Lampu latar (jika ada)

16.	LEDK	-	Power 0 Volt (ground) Lampu latar (jika ada)
-----	------	---	--

2.8 CodeVision AVR



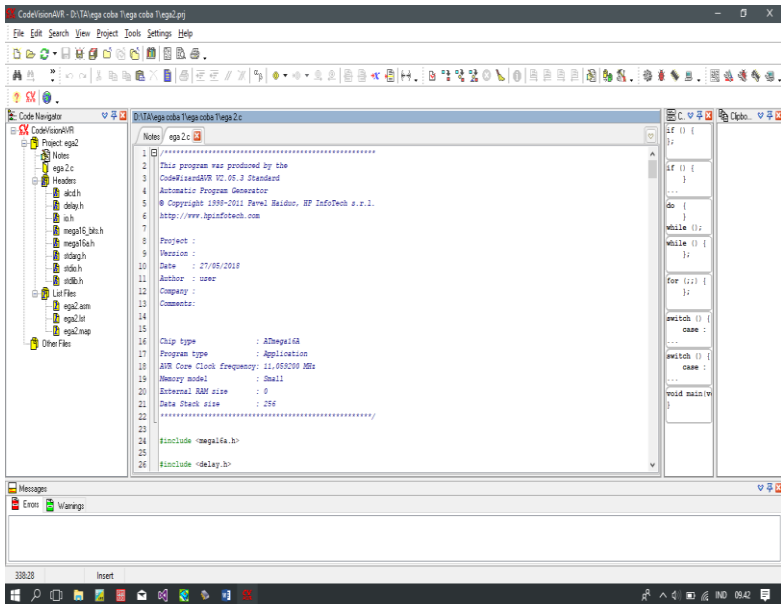
Gambar 2.10 Tampilan CodeVision AVR^[15]

CodeVision AVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: Compiler C, IDE, dan program generator. CodeVision AVR dilengkapi dengan source code editor, compiler, linker dan dapat memanggil Atmel AVR studio dengan debuggernya. Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, compiler C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan library fungsi standar berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, compiler C untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (embedded). Khusus untuk library fungsi, disamping library standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi string, pengaksesan memori dan sebagainya).

CodeVision AVR juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka

AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi library yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (Real Time Clock), SPI (Serial Peripheral Interface) dan lain 13 sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, CodeVision AVR juga dilengkapi IDE yang sangat user friendly. Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis Windows, CodeVision AVR ini telah mengintegrasikan perangkat lunak berbasis downloader yang bersifat In System Programmer yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi ke dalam sistem memori mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.

CodeVision AVR juga menyediakan sebuah fitur yang dinamakan dengan Code Generator atau CodeWizard AVR. Secara praktis, fitur ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (template), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan Code Generator, karena perangkat lunak CodeVision ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela CodeWizard AVR selesai dilakukan. Secara teknis, penggunaan fitur ini pada dasarnya hampir sama dengan application wizard pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

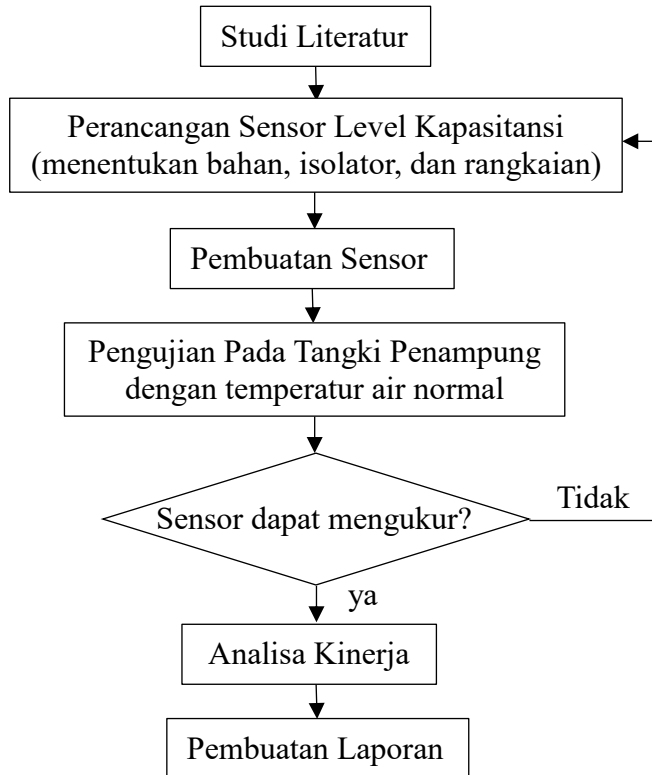


Gambar 2.11 Tampilan Menu CodeVision AVR^[16]

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir dan Diagram Blok Perancangan Alat

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam diagram alir penelitian seperti dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir

Tahap awal pada diagram alir ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Setelah melakukan studi literatur, dapat

menentukan dasar teori yang dibutuhkan pada penulisan laporan tugas akhir ini. Selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan mempersiapkan komponen yang dibutuhkan. Kemudian dilakukan pengujian alat dengan memberi input ketinggian pada tangki penampung, sehingga dapat diketahui pembacaan level. Apabila semua rancang bangun sensor kapasitansi pada tangki penampung bekerja dengan baik, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data. Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, kemudian dilakukan analisa kinerja dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi. Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, mulai dari studi pustaka hingga analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

Diagram blok merupakan salah satu cara yang paling sederhana untuk menjelaskan cara kerja dari suatu sistem. Dengan diagram blok dapat menganalisa cara kerja rangkaian dan merancang hardware yang akan dibuat secara umum. Adapun diagram blok dari sistem yang dirancang, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.2. Pada gambar 3.2 merupakan diagram blok perancangan sensor level menggunakan kapasitansi. Demikian juga diagram blok ini terjadi pada perancangan sensor level menggunakan kapasitansi.



Gambar 3.2 Diagram Sensor Level Berbasis Kapasitansi.

Pada diagram blok diatas dapat diketahui bahwa hasil dari pengukuran sensor level kapasitansi akan ditampilkan ke LCD 16 x 2 yang terhubung dengan mikrocontroller. Selain itu input untuk sensor level ini menggunakan PWM dari mikrocontroller yang terhubung ke Rangkaian RC low pass filter, rangkaian RC low pass filter akan menghasilkan tegangan. Dari rangkaian RC low pass filter ditambahkan rangkaian peak detector untuk menentukan V peak (puncak) yang ditambahkan dengan OP Amp yang berfungsi sebagai instrument amplifier pada rangkaian sensor kapasitansi ini.

OP Amp yang digunakan pada rangkaian penyusun sensor kapasitansi ini menggunakan IC LM 358, sedangkan Resistor yang digunakan $1\text{K}\Omega$. Kemudian keluaran dari peak detector di konversi agar dapat mengukur ketinggian air.

Setelah mengetahui rancangan sensor maka dapat menentukan controller. Pada tugas akhir ini menggunakan mikrocontroller ATmega 16. Pada perancangan software ini merupakan gabungan dari rangkaian pemrosesan sinyal. Rangkaian pemrosesan sinyal pada alat ini menggunakan ATmega16. Untuk membuat sebuah program di ATmega16 dibutuhkan software CodeVision AVR. Pada program ini akan dikoding untuk menerima sinyal masukan. Sinyal masukan ini berasal dari sensing element yaitu sensor kapasitansi. Sehingga terbaca berapa ketinggian yang sedang diukur pada LCD dengan terlebih dahulu didownload ke Atmega16.

3.2 Pengujian Bahan



Gambar 3.3 Sepasang Plat Tembaga dan Sepasang Plat Aluminium Dengan Dilapisi Isolator.

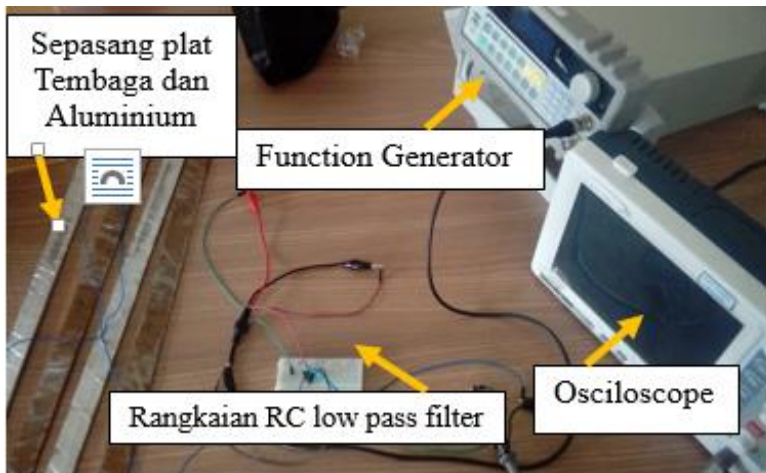
Pengujian bahan dilakukan dengan menggunakan Function generator sebagai penghasil frekuensi kemudian ditambahkan rangkaian RC low pass filter dengan sensor dan kemudian dihubungkan ke oscilloscope. Pengujian bahan dimaksudkan untuk menentukan bahan yang sesuai dan paling baik untuk dijadikan sensor kapasitif. Pemilihan bahan yang baik ditentukan berdasarkan penurunan V_p terhadap frekuensi yang ditunjukkan pada oscilloscope. Semakin cepat V_p mengalami penurunan dan Semakin rendah frekuensi yang ditampilkan di oscilloscope.

Berikut merupakan diagram blok pengukuran menggunakan function generator hingga ke oscilloscope.

a. Alat dan Bahan

1. Oscilloscope 1 buah
2. Function Generator 1 buah
3. Sepasang plat tembaga ukuran panjang 53 cm, lebar 5 cm, tebal 1,2 mm.
4. Sepasang plat aluminium ukuran 53 cm, lebar 5cm, tebal 1,8 mm.
5. isolasi
6. BreadBoard
7. Resistor 1K Ω
8. Kabel Jumper 6 buah

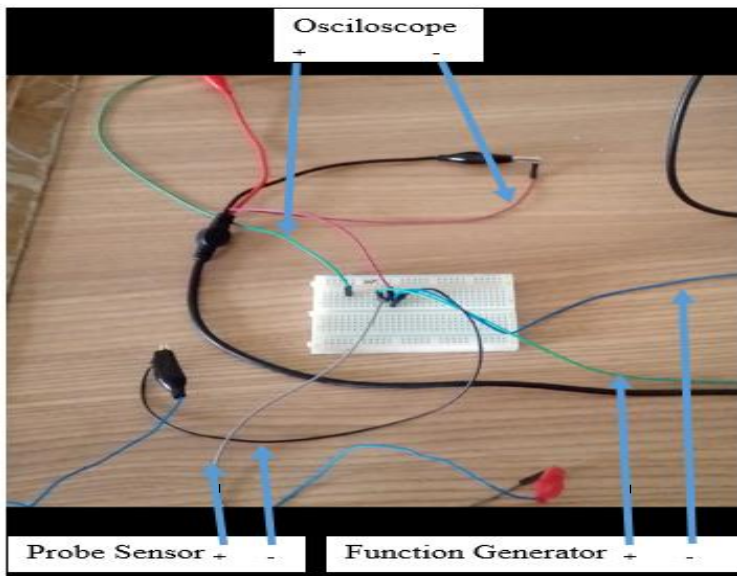
b. Langkah Pengujian Bahan



Gambar 3.4 Pengujian Untuk Menentukan Bahan Yang Sesuai.

1. Rangkaian RC Low Pass Filter dipasang pada breadboard dengan diberi kabel jumper sebanyak 6 buah yang masing masing digunakan untuk function

generator positif dan negatif, probe sensor kapasitif positif dan negatif, dan untuk oscilloscope positif dan negatif. Untuk pemasangan rangkaian RC Low Pass Filter dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut ini.

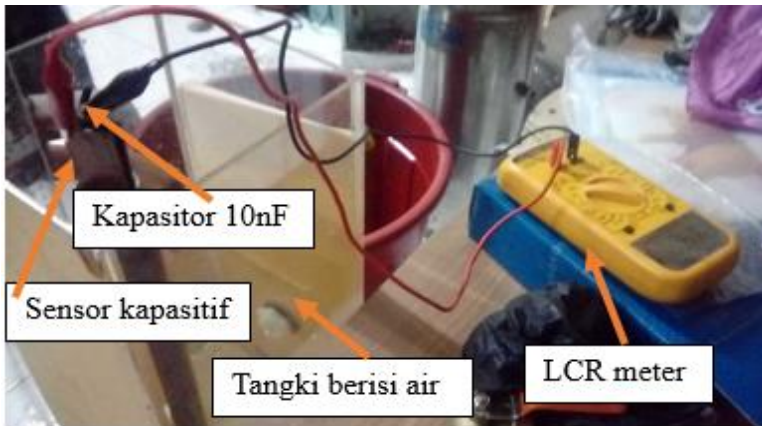


Gambar 3.5 Pemasangan Rangkaian RC Low Pass Filter.

2. Pilih bahan yang akan digunakan untuk diuji. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan sepasang tembaga, pengujian kedua menggunakan tembaga – aluminium, dan pengujian ketiga menggunakan sepasang aluminium. Sebelum dilakukan pengujian bungkus elektrode sensor menggunakan isolasi agar plat tersebut bersifat kapasitif, karena tanpa dilapisi isolator maka bersifat menjadi resistif.
3. Setelah rangkaian RC Low Pass Filter dipasang pada breadboard dan dihubungkan ke masing masing probe, kemudian nyalakan function Generator dan

- oscilloscope.
4. Mengatur frekuensi pada function generator dari mulai frekuensi rendah hingga frekuensi tinggi sampai Vpp mengalami drop mendekati nol. (1KHz sampai 235 KHz) dan mengatur Vpp sebesar 5Vpp.
 5. Tiap kenaikan frekuensi dicatat vpp sampai mengalami drop pada oscilloscope. Hasil di oscilloscope di catat dan dibuat grafik serta tabel.

3.3 Pengukuran Nilai Kapasitansi Menggunakan LCR Meter



Gambar 3.6 Pengukuran Nilai Kapasitansi Menggunakan LCR Meter.

Selain menguji bahan juga terdapat uji nilai kapasitansi terhadap ketinggian dengan menggunakan LCR Meter.. Uji nilai kapasitansi dilakukan dengan 2 metode yang pertama sensor kapasitif diparalel dengan kapasitor sebesar 10nF. Selanjutnya pengujian nilai kapasitansi dengan melepas kapasitor 10nF. Hal ini dikarenakan pada LCR Meter yang digunakan tidak dapat mengukur nilai kapasitansi dibawah $1\mu F$. Pengukuran nilai kapasitansi akan muncul di alat ukur LCR Meter ketika kondisi probe negatif dan positif dari LCR Meter dihubungkan ke probe

sensor kapasitif.

a. Alat dan Bahan

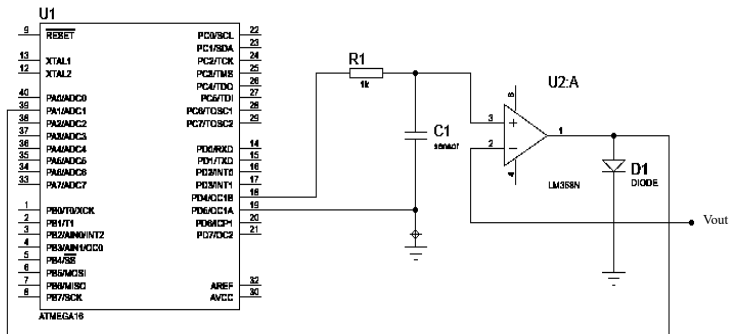
1. LCR meter
2. Air
3. Tangki ukuran 50cm X 20cm X 20 cm
4. Sensor Kapasitif
5. Kapasitor tambahan 10nF

b. Langkah Pengujian Nilai Kapasitansi

1. Siapkan tangki dan wadah untuk menyimpan air terlebih dahulu, kemudian siapkan LCR meter sebagai alat ukur untuk menentukan nilai kapasitansi sensor, tambahkan kapasitor sebesar 10nF dikarenakan LCR meter dapat mengukur minimal $1\mu F$.
2. Pada pengujian nilai kapasitansi memiliki dua metode metode pertama dilakukan dengan meletakkan tambahan kapasitor 10nF paralel dengan probe sensor. Kemudian pada metode kedua hasil pembacaan dari LCR meter dikurangi 10nF agar dapat diketahui nilai kapasitansi yang sebenarnya.
3. Pasang probe sensor dengan LCR meter
4. Tiap kenaikan air per cm dilihat perubahan kapasitansinya kemudian hasilnya dicatat sehingga dapat diketahui grafik kelinearitasan dari sifat kapasitansinya.

Setelah uji rangkaian penyusun sensor dibuat makadidapatkan rangkaian pengganti agar dapat ditampilkan kedalam LCD. Pada percobaan uji sensordiperlukan function generator. Maka pada rangkaian ini fungsi dari function generator diganti dengan PWM pada mikrocontroller ATmega 16 kemudian rangkaian RC Lowpass Filter dan menggunakan rangkaian peak detector dikareakan pada saat pengujian sensor, tegangan ditampilkan di oscilloscope dan peak detector sebagai pengondisi sinyal yang berpreran mendeteksi tegangan puncak seperti oscilloscope. Keluaran dari sensor ini berupa tegangan yang akan

diteruskan ke ADC. Berikut rangkaian sensor kapasitansi



Gambar 3.7 Modul Sensor Kapasitif.

Setelah mengetahui rangkaian dan bahan yang digunakan dalam pembuatan sensor maka membuat sensor kapasitif menggunakan bahan sepaasang lempeng tembaga – tembaga yang didekatkan sejauh 1mm degan dilapisi isolasi yang kemudian dibungkus pipa dan dihubungkan ke modul sensor kapasitif. Berikut merupakan gambar sensor kapasitif untuk mengukur level air.

Gambar 3.8 Sensor Level Berbasis Kapasitif.



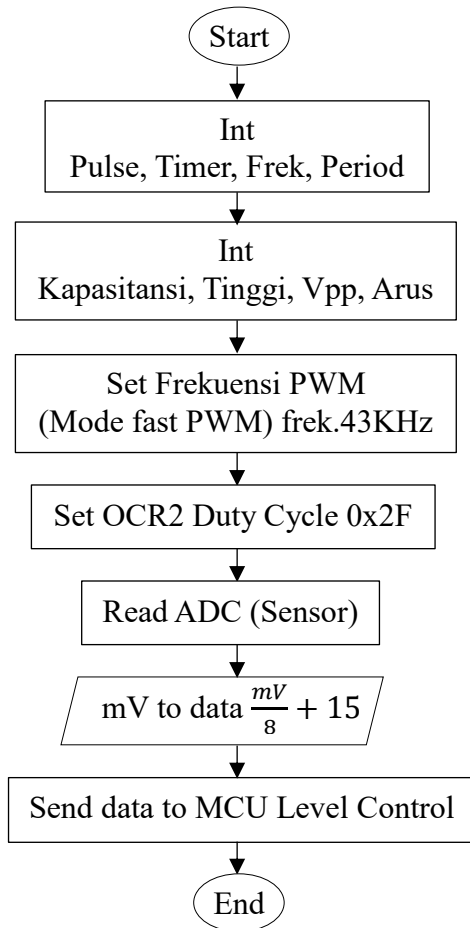
Setelah pembuatan sensor dilakukan maka dapat menentukan list porting program sensor level pada mikrocontroller. Berikut ini merupakan list porting Sensor Level

pada Mikrocontroller.

Pin/Port	A	state	B	state	C	state	D	state
0	adcIsense	T	Level 0/out	0	LCD 0	0	rx2	T
1	adcVlevel	T	Level 1/out	0	LCD 1	0	tx2	0
2			Level 2/out	0	LCD 2	0	levelsensor 1/int0	T
3			level 3/out	0	LCD 3	0	levelsensor 2/int1	P
4			level 4/out	0	LCD 4	0	level 5/out	0
5			mosi 2	T	LCD 5	0	level 6/out	0
6			miso 2	T	LCD 6	0	level 7/out	0
7			sck 2	T	LCD 7	0	level 8/out	0

Gambar 3.9 List Porting Sensor Level Pada Mikrocontroller.

Setelah menentukan porting sensor level pada mikrocontroller langkah selanjutnya membuat sebuah program di ATmega16 dibutuhkan software Code Vision AVR. Ketika membuat suatu program maka diperlukan flowchat untuk pembuatan program. Berikut merupakan flowchart program sensor kapasitansi.



Gambar3.10 Flowchart Program Sensor Level Kapasitif.

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Bahan

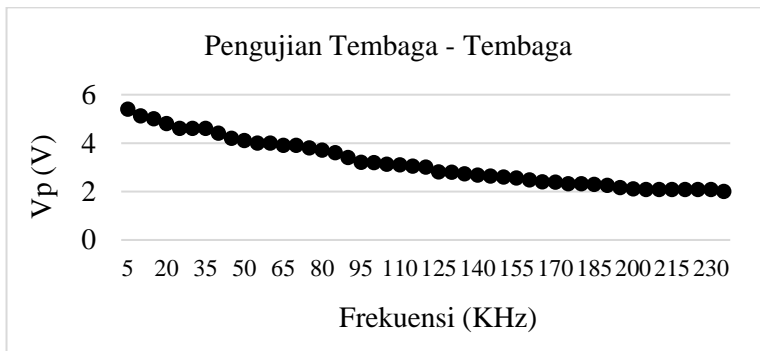
Pengujian bahan yang dilakukan menggunakan 3 macam bahan yaitu pengujian menggunakan plat tembaga – tembaga, plat tembaga – aluminium, dan plat aluminium – aluminium. Kedua plat dihadapkan dan diberi jarak sejauh 1 mm dengan ketebalan tiap plat tembaga sebesar 1,8 mm dengan panjang plat 53 cm dan lebar 5 cm. Selain itu tiap plat diberi isolator dengan menggunakan isolasi karena jika plat tersebut tidak diberi isolator maka plat tersebut berubah menjadi resistansi sehingga sifat sebagai kapasitansinya hilang. Berikut merupakan hasil dari pengujian bahan dengan dilakukannya pengambilan data pada tiap plat menggunakan function generator, rangkaian RC low pass filter, dan oscilloscope.

Tabel 4.1 Pengujian Bahan Tembaga - Tembaga

No.	Frequency (KHz)	Vp (v)		No.	Frequency (KHz)	Vp (v)
1.	1	5,6		25.	120	3
2.	5	5,4		26.	125	2,8
3.	10	5,12		27.	130	2,79
4.	15	5		28.	135	2,72
5.	20	4,8		29.	140	2,68
6.	25	4,6		30.	145	2,64
7.	30	4,6		31.	150	2,6
8.	35	4,6		32.	155	2,55
9.	40	4,4		33.	160	2,47
10.	45	4,2		34.	165	2,4
11.	50	4,1		35.	170	2,38
12.	55	4		36.	175	2,32
13.	60	4		37.	180	2,31
14.	65	3,9		38.	185	2,29
15.	70	3,9		39.	190	2,25

16.	75	3,8		40.	195	2,16
17.	80	3,7		41.	200	2,1
18.	85	3,6		42.	205	2,08
19.	90	3,4		43.	210	2,08
20.	95	3,2		44.	215	2,08
21.	100	3,19		45.	220	2,08
22.	105	3,12		46.	225	2,08
23.	110	3,09		47.	230	2,08
24.	115	3,04		48.	235	2

Dari tabel diatas didapatkan hasil kemampuan tembaga sebagai sensor. Pada tabel diatas dicari penurunan V_p . Dari semula V_{pp} 5 Volt kemudian dicari penurunan V_p hingga 2, 88 pada saat frekuensi 125 KHz. Setelah diperoleh data tersebut diatas maka didapatkan grafik frekuensi terhadap V_p seperti berikut:



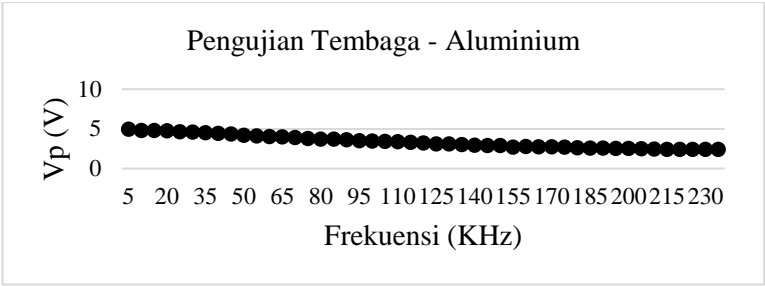
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Tembaga - Tembaga

Tabel 4.2 Pengujian Bahan Tembaga - Aluminium

No.	Frequency (KHz)	V_p (v)		No.	Frequency (KHz)	V_p (v)
1.	1	4,96		25.	120	3,2
2.	5	4,95		26.	125	3,1
3.	10	4,8		27.	130	3,08
4.	15	4,79		28.	135	3

5.	20	4,76		29.	140	2,92
6.	25	4,65		30.	145	2,9
7.	30	4,6		31.	150	2,88
8.	35	4,5		32.	155	2,7
9.	40	4,44		33.	160	2,76
10.	45	4,35		34.	165	2,75
11.	50	4,2		35.	170	2,72
12.	55	4,1		36.	175	2,68
13.	60	4,04		37.	180	2,6
14.	65	4		38.	185	2,59
15.	70	3,92		39.	190	2,56
16.	75	3,8		40.	195	2,53
17.	80	3,72		41.	200	2,52
18.	85	3,7		42.	205	2,5
19.	90	3,64		43.	210	2,44
20.	95	3,5		44.	215	2,41
21.	100	3,48		45.	220	2,4
22.	105	3,4		46.	225	2,4
23.	110	3,36		47.	230	2,4
24.	115	3,28		48.	235	2,4

Dari tabel diatas didapatkan hasil kemampuan tembaga sebagai sensor. Pada tabel diatas dicari penurunan Vp. Dari semula Vpp 5 Volt kemudian dicari penurunan Vp hingga 2,88 pada saat frekuensi 150 KHz. Setelah diperoleh data tersebut diatas maka didapatkan grafik frekuensi terhadap Vp seperti berikut:



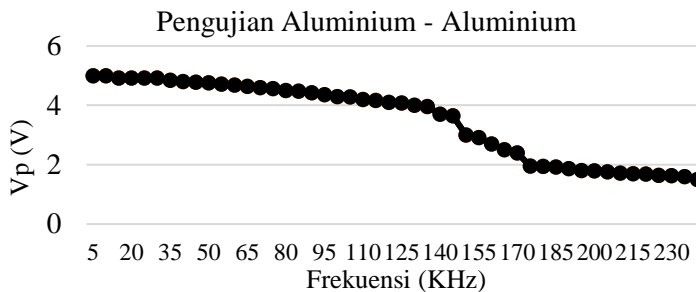
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Tembaga – Aluminium

Tabel 4.3 Pengujian Bahan Aluminium - Aluminium

No.	Frequency (KHz)	Vp (v)		No.	Frequency (KHz)	Vp (v)
1.	1	5		25.	120	4,08
2.	5	5		26.	125	4
3.	10	4,92		27.	130	3,96
4.	15	4,92		28.	135	3,7
5.	20	4,92		29.	140	3,65
6.	25	4,92		30.	145	3
7.	30	4,84		31.	150	2,92
8.	35	4,8		32.	155	2,7
9.	40	4,78		33.	160	2,5
10.	45	4,76		34.	165	2,4
11.	50	4,72		35.	170	1,96
12.	55	4,68		36.	175	1,95
13.	60	4,64		37.	180	1,92
14.	65	4,6		38.	185	1,87
15.	70	4,56		39.	190	1,8
16.	75	4,5		40.	195	1,79
17.	80	4,48		41.	200	1,76
18.	85	4,42		42.	205	1,72
19.	90	4,36		43.	210	1,7

20.	95	4,3		44.	215	1,69
21.	100	4,28		45.	220	1,64
22.	105	4,2		46.	225	1,63
23.	110	4,16		47.	230	1,6
24.	115	4,1		48.	235	1,5

Dari tabel diatas didapatkan hasil kemampuan tembaga sebagai sensor. Pada tabel diatas dicari penurunan V_p . Dari semula V_{pp} 5 Volt kemudian dicari penurunan V_p hingga 2,7 pada saat frekuensi 155 KHz. Setelah diperoleh data tersebut diatas maka didapatkan grafik frekuensi terhadap V_p seperti berikut:



Gambar 4.3 Grafik Pengujian Aluminium – Aluminium

4.2 Pengujian Sensor Kapasitif Bahan Tembaga – Tembaga Dalam Mengukur Ketinggian Air Menggunakan Rangkaian RC Low Pass Filter

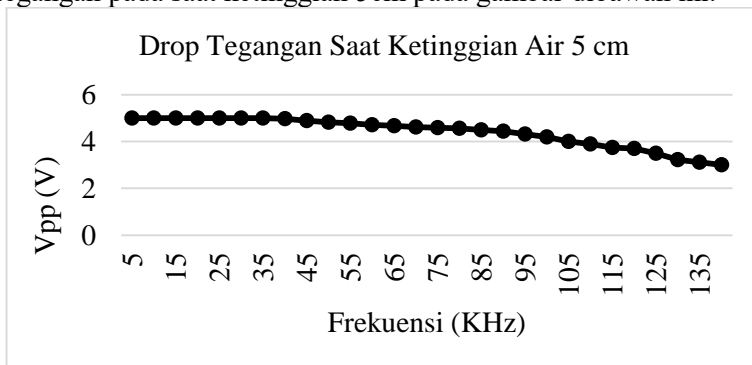
sensor kapasitif menggunakan bahan tembaga tembaga dikarenakan pada bahan tersebut memiliki respon drop tegangan paling cepat daripada bahan lain yang dipergunakan dalam metode ini. Rangkaian yang digunakan dalam metode ini adalah menggunakan function generator sebagai pembangkit sinyal kemudian menuju ke rangkaian RC Low Pass Filter dan ditampilkan dengan menggunakan oscilloscope yaitu dengan menampilkan penurunan voltage dengan memutar frekuensi yang ada difunction generator. Berikut tabel pengukuran penurunan

tegangan yang terjadi pada rangkaian low pass filter.

Tabel 4.4 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 5 cm

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	4,59
2	10	5	16	80	4,56
3	15	5	17	85	4,5
4	20	5	18	90	4,44
5	25	5	19	95	4,32
6	30	5	20	100	4,2
7	35	5	21	105	4
8	40	4,98	22	110	3,89
9	45	4,9	23	115	3,75
10	50	4,83	24	120	3,7
11	55	4,78	25	125	3,5
12	60	4,72	26	130	3,22
13	65	4,68	27	135	3,12
14	70	4,62	28	140	3

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 40KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,98 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 5cm pada gambar dibawah ini.

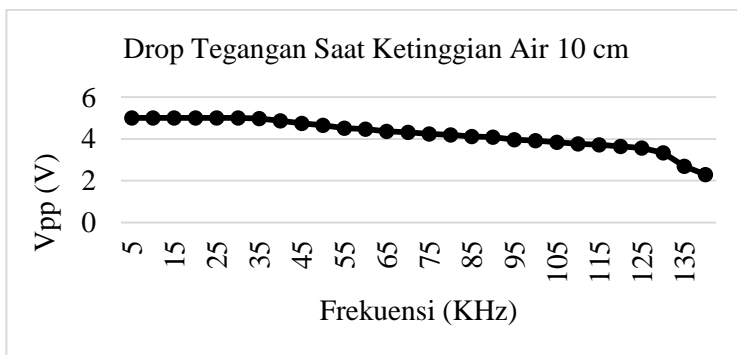


Gambar 4.4 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 5 cm.

Tabel 4.5 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 10 cm

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	4,24
2	10	5	16	80	4,2
3	15	5	17	85	4,12
4	20	5	18	90	4,08
5	25	5	19	95	3,96
6	30	5	20	100	3,92
7	35	4,98	21	105	3,84
8	40	4,87	22	110	3,76
9	45	4,75	23	115	3,72
10	50	4,65	24	120	3,64
11	55	4,52	25	125	3,57
12	60	4,47	26	130	3,33
13	65	4,36	27	135	2,7
14	70	4,32	28	140	2,3

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 35KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,98 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 10 cm pada gambar dibawah ini.

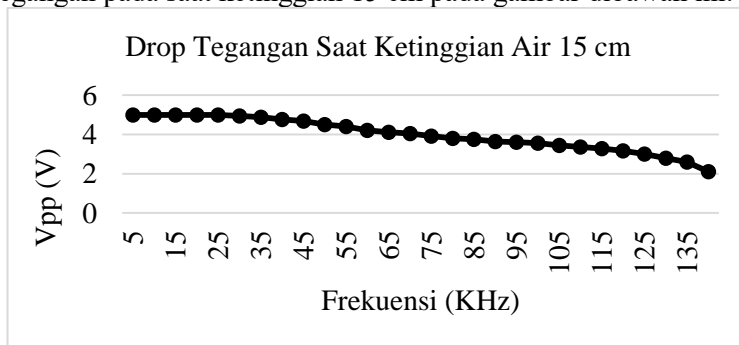


Gambar 4.5 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 10 cm.

Tabel 4.6 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 15 cm.

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	3,92
2	10	5	16	80	3,8
3	15	5	17	85	3,75
4	20	5	18	90	3,64
5	25	5	19	95	3,6
6	30	4,94	20	100	3,56
7	35	4,88	21	105	3,44
8	40	4,76	22	110	3,36
9	45	4,68	23	115	3,28
10	50	4,5	24	120	3,16
11	55	4,4	25	125	3
12	60	4,21	26	130	2,8
13	65	4,12	27	135	2,59
14	70	4,04	28	140	2,1

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 30KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,94 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 15 cm pada gambar dibawah ini.

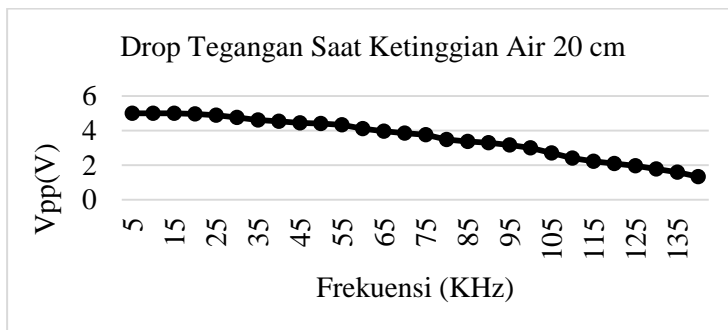


Gambar 4.6 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 15 cm.

Tabel 4.7 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 20 cm.

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	3,76
2	10	5	16	80	3,48
3	15	5	17	85	3,36
4	20	4,96	18	90	3,28
5	25	4,88	19	95	3,16
6	30	4,75	20	100	3
7	35	4,6	21	105	2,7
8	40	4,53	22	110	2,4
9	45	4,44	23	115	2,22
10	50	4,4	24	120	2,08
11	55	4,32	25	125	1,96
12	60	4,1	26	130	1,77
13	65	3,96	27	135	1,59
14	70	3,84	28	140	1,32

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 20KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,96 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 20 cm pada gambar dibawah ini.

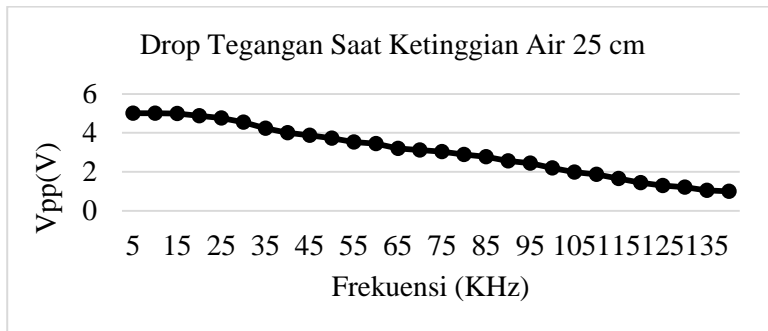


Gambar 4.7 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 20 cm.

Tabel 4.8 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 25 cm

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	3,04
2	10	5	16	80	2,88
3	15	4,99	17	85	2,77
4	20	4,88	18	90	2,55
5	25	4,76	19	95	2,44
6	30	4,55	20	100	2,2
7	35	4,24	21	105	1,99
8	40	4	22	110	1,86
9	45	3,88	23	115	1,66
10	50	3,72	24	120	1,44
11	55	3,52	25	125	1,3
12	60	3,45	26	130	1,21
13	65	3,2	27	135	1,05
14	70	3,12	28	140	1

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 15 KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,99 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 25 cm pada gambar dibawah ini.

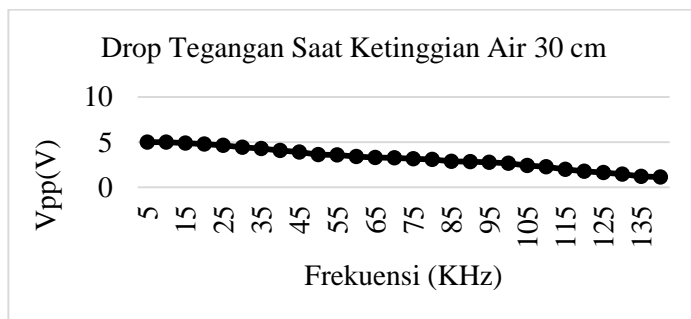


Gambar 4.8 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 25 cm.

Tabel 4.9 Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 30 cm

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	3,16
2	10	4,98	16	80	3,08
3	15	4,89	17	85	2,88
4	20	4,77	18	90	2,84
5	25	4,64	19	95	2,76
6	30	4,44	20	100	2,66
7	35	4,3	21	105	2,4
8	40	4,08	22	110	2,25
9	45	3,9	23	115	1,99
10	50	3,6	24	120	1,76
11	55	3,56	25	125	1,64
12	60	3,4	26	130	1,44
13	65	3,3	27	135	1,2
14	70	3,24	28	140	1,12

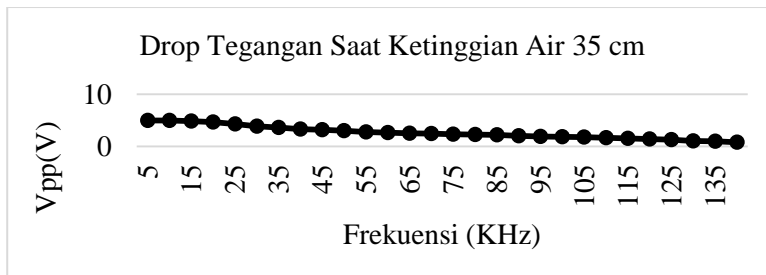
Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 10 KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,98 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 30 cm pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 30 cm.**Tabel 4.10** Pengukuran drop tegangan dengan mengubah nilai Frekuensi pada ketinggian 35 cm

No.	Frek	Vpp	No.	Frek	Vpp
1	5	5	15	75	2,32
2	10	4,98	16	80	2,28
3	15	4,87	17	85	2,24
4	20	4,7	18	90	2,02
5	25	4,3	19	95	1,94
6	30	3,9	20	100	1,84
7	35	3,66	21	105	1,77
8	40	3,32	22	110	1,65
9	45	3,2	23	115	1,57
10	50	3	24	120	1,42
11	55	2,76	25	125	1,33
12	60	2,64	26	130	1,08
13	65	2,55	27	135	1
14	70	2,44	28	140	0,8

Dari tabel diatas diperoleh ketika frekuensi 10 KHz mengalami drop tegangan sebesar 4,98 volt. Sehingga didapatkan grafik drop tegangan pada saat ketinggian 35 cm pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik Drop Tegangan Saat Ketinggian Air 35 cm.

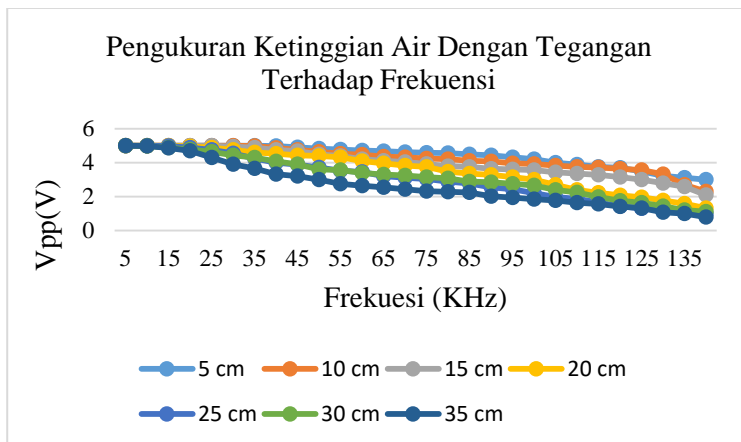
Pada pengukuran level air dengan tegangan terhadap frekuensi mengalami perbedaan drop tegangan. Apabila air semakin tinggi maka drop tegangan akan cepat terjadi. Hal ini dapat dibuktikan ketika level air mencapai 35 cm drop tegangan terjadi pada saat frekuensi berada pada 10 KHz. Sementara ketika ketinggian air rendah drop tegangan terjadi difrekuensi 40 KHz. Setelah mengetahui drop tegangan dari tiap cm nya, kemudian dapat dibentuk tabel dan grafik gabungan dari tiap tinggi air. Berikut merupakan hasil gabungan pengukuran drop tegangan terhadap frekuensi yang terjadi pada level air tertentu.

Tabel 4.11 Grafik Pengukuran Ketinggian Air Dengan Tegangan Terhadap Frekuensi

Frek	Vpp (V)						
	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm
5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	4,98	4,98
15	5	5	5	5	4,99	4,89	4,87
20	5	5	5	4,96	4,88	4,77	4,7
25	5	5	5	4,88	4,76	4,64	4,3
30	5	5	4,94	4,75	4,55	4,44	3,9
35	5	4,98	4,88	4,6	4,24	4,3	3,66
40	4,98	4,87	4,76	4,53	4	4,08	3,32
45	4,9	4,75	4,68	4,44	3,88	3,9	3,2
50	4,83	4,65	4,5	4,4	3,72	3,6	3
55	4,78	4,52	4,4	4,32	3,52	3,56	2,76
60	4,72	4,47	4,21	4,1	3,45	3,4	2,64
65	4,68	4,36	4,12	3,96	3,2	3,3	2,55
70	4,62	4,32	4,04	3,84	3,12	3,24	2,44
75	4,59	4,24	3,92	3,76	3,04	3,16	2,32
80	4,56	4,2	3,8	3,48	2,88	3,08	2,28

85	4,5	4,12	3,75	3,36	2,77	2,88	2,24
90	4,44	4,08	3,64	3,28	2,55	2,84	2,02
95	4,32	3,96	3,6	3,16	2,44	2,76	1,94
100	4,2	3,92	3,56	3	2,2	2,66	1,84
105	4	3,84	3,44	2,7	1,99	2,4	1,77
110	3,89	3,76	3,36	2,4	1,86	2,25	1,65
115	3,75	3,72	3,28	2,22	1,66	1,99	1,57
120	3,7	3,64	3,16	2,08	1,44	1,76	1,42
125	3,5	3,57	3	1,96	1,3	1,64	1,33
130	3,22	3,33	2,8	1,77	1,21	1,44	1,08
135	3,12	2,7	2,59	1,59	1,05	1,2	1
140	3	2,3	2,1	1,32	1	1,12	0,8

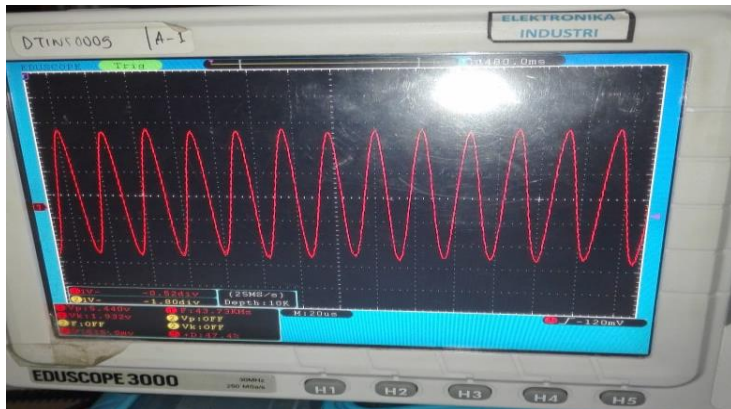
Dari tabel diatas dapat diperoleh grafik respon drop tegangan tiap ketinggian yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.11 Grafik Pengukuran Ketinggian Air Dengan Tegangan Terhadap Frekuensi

Dari percobaan diatas maka didapatkan penurunan tegangan pada saat frekuensi sebesar 43KHz. Berikut merupakan hasil

pengukuran menggunakan oscilloscope dan function generator.



Gambar 4.12 Hasil Pengukuran Menggunakan Oscilloscope



Gambar 4.13 Frekuensi Yang Tertera Pada Function Generator

4.3 Pengukuran Nilai Kapasitansi menggunakan LCR meter

Nilai kapasitansi sensor dapat diukur dengan menggunakan LCR Meter agar dapat menentukan ketinggian terhadap nilai kapasitansi. Berikut tabel pengukuran nilai kapasitansi menggunakan dua metode paralel dengan kapasitor dan tanpa

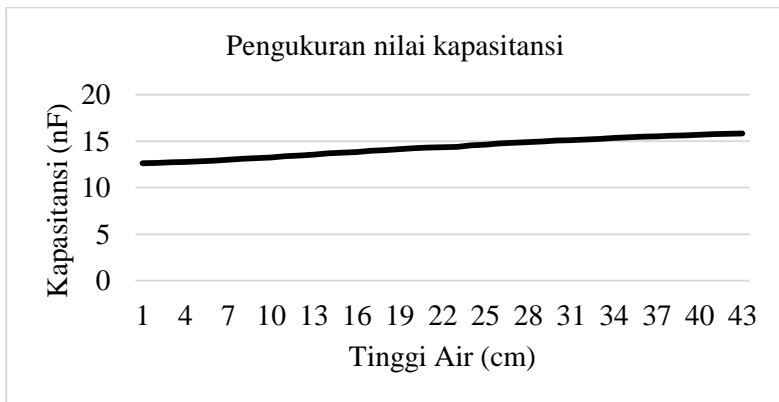
tambahan kapasitor

Tabel 4.12 Pengukuran Nilai Kapasitansi terhadap ketinggian

High (cm)	C (nF)	C (nF)	range respon	resolusi
0	12,16	12,34	0,18	0,61
5	12,62	12,95	0,33	0,02
6	12,67	12,97	0,3	0,04
7	12,72	13,01	0,29	0,05
8	12,75	13,06	0,31	0,08
9	12,83	13,14	0,31	0,07
10	12,91	13,21	0,3	0,06
11	13,02	13,27	0,25	0,05
12	13,1	13,32	0,22	0,07
13	13,17	13,39	0,22	0,09
14	13,24	13,48	0,24	0,12
15	13,38	13,6	0,22	0,1
16	13,45	13,7	0,25	0,12
17	13,56	13,82	0,26	0,14
18	13,69	13,96	0,27	0,07
19	13,78	14,03	0,25	0,11
20	13,85	14,14	0,29	0,08
21	13,96	14,22	0,26	0,07
22	14,04	14,29	0,25	0,1
23	14,16	14,39	0,23	0,09
24	14,24	14,48	0,24	0,05
25	14,32	14,53	0,21	0,03
26	14,36	14,56	0,2	0,07
27	14,4	14,63	0,23	0,12
28	14,55	14,75	0,2	0,08
29	14,64	14,83	0,19	0,08
30	14,75	14,91	0,16	0,09
31	14,82	15	0,18	0,06
32	14,9	15,06	0,16	0,09
33	14,97	15,15	0,18	0,06

34	15,07	15,21	0,14	0,07
35	15,12	15,28	0,16	0,05
36	15,19	15,33	0,14	0,06
37	15,26	15,39	0,13	0,06
38	15,35	15,45	0,1	0,07
39	15,42	15,52	0,1	0,07
40	15,48	15,59	0,11	0,04
41	15,53	15,63	0,1	0,06
42	15,59	15,69	0,1	0
43	15,64	15,69	0,05	0,07
44	15,7	15,76	0,06	0,01
45	15,77	15,77	0	0,04
46	15,8	15,81	0,01	0,03

Dari Tabel diatas diketahui grafik pengukuran nilai kapasitansi pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik Pengukuran Nilai Kapasitansi

4.4 Pengujian Sensor Kapasitif Pada Tangki Penampung

Pengujian sensor kapasitif dilakukan pada tangki penampung sebelum digunakan untuk level control dimaksudkan agar dapat mengetahui kemampuan dan karakteristik sensor untuk

mengukur ketinggian air sesuai set point dengan suhu sekitar 25°C. Pada pengujian sensor kapasitif ini didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.13 Pengujian Sensor Kapasitif Pada Tangki Penampung

Tinggi	Data Bit				
	1	2	3	4	5
14	230	228	228	228	227
15	239	238	239	238	238
16	251	251	249	249	249
17	268	265	263	263	262
18	294	294	293	295	292
19	304	303	304	303	302
20	318	318	318	319	319
21	323	323	323	324	324
22	331	332	330	331	332
23	336	336	335	335	334
24	339	339	341	342	343
25	345	346	348	348	348
26	353	355	358	355	356
27	356	358	357	356	358
28	364	364	366	366	363
29	368	367	368	368	368
30	370	371	370	371	371
31	375	376	376	376	376
36	377	378	377	377	378
37	380	381	382	384	384
34	385	384	385	385	385
35	390	391	391	399	388
36	395	395	395	398	396
37	406	408	408	408	407
38	408	411	409	409	411

39	412	412	412	412	412
40	415	416	419	415	416

Tabel diatas merupakan data pengukuran sensor kapasitif dengan melihat perubahan pada data bit. Pengukuran dilakukan dengan cara mengisi air secara manual tiap centi nya kemudian dicatat hasil pembacaan data bit yang tertera di LCD sebanyak banyaknya. Semakin banyak pengambilan data semakin presisi pula pembacaan ketinggian yang tertera di penggaris dengan yang ada di LCD. Setelah data bit dicatat kemudian langkah selanjutnya untuk menentukan ketinggian dengan mencari range respon data bit dan resolusinya. Berikut tabel pengukurannya.

Tabel 4.14 Nilai range respon dan resolusi pada pengujian sensor level kapasitif

h (cm)	Data Bit					max	min	Range respon	resolusi
	1	2	3	4	5				
14	230	228	228	228	227	230	227	3	9
15	239	238	239	238	238	239	238	1	12
16	251	251	249	249	249	251	249	2	17
17	268	265	263	263	262	268	262	6	27
18	294	294	293	295	292	295	292	3	9
19	304	303	304	303	302	304	302	2	15
20	318	318	318	319	319	319	318	1	5
21	323	323	323	324	324	324	323	1	8
22	331	332	330	331	332	332	330	2	4
23	336	336	335	335	334	336	334	2	7
24	339	339	341	342	343	343	339	4	5
25	345	346	348	348	348	348	345	3	10
26	353	355	358	355	356	358	353	5	0
27	356	358	357	356	358	358	356	2	8
28	364	364	366	366	363	366	363	3	2

29	368	367	368	368	368	368	367	1	3
30	370	371	370	371	371	371	370	1	5
31	375	376	376	376	376	376	375	1	2
36	377	378	377	377	378	378	377	1	6
37	380	381	382	384	384	384	380	4	1
34	385	384	385	385	385	385	384	1	14
35	390	391	391	399	388	399	388	11	-1
36	395	395	395	398	396	398	395	3	10
37	406	408	408	408	407	408	406	2	3
38	408	411	409	409	411	411	408	3	1
39	412	412	412	412	412	412	412	0	7
40	415	416	419	415	416	419	415	4	

Range respon didapatkan dengan maksimal pengukuran data bit tiap cm dikurangi dengan minimum pengukuran data bit tiap cm nya.dengan rumus:

- Range Respon = Max – Min 4.1

Sebagai contoh perhitungan data terendah dan data ketinggian tertinggi.

- Range respon data ketinggian terendah
 Range Respon 14 cm = 230 – 227
 Range Respon 14 cm = 3
- Range Respon data ketinggian tertinggi
 Range Respon 40 cm = 419 – 415
 Range Respon 40 cm = 3

Sehingga Range respon keseluruhan untuk karakteristik sensor adalah rata rata dari range respon keseluruhan = 4,185185

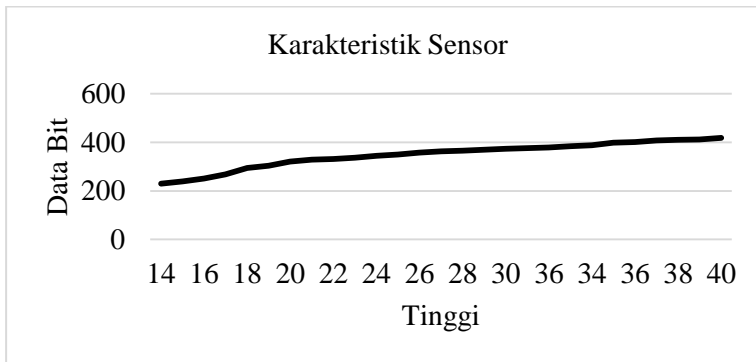
Setelah diketahui range respon dan tiap senti nya maka dapat dihitung pula resolusinya dengan rumus sebagai berikut:

- Resolusi = Data pengukuran setelahnya – Data pengukuran sebelumnya 4.2

Sebagai contoh perhitungan data terendah dan data ketinggian tertinggi.

- Resolusi data ketinggian terendah
 Resolusi 14 cm = 239 - 230
 Resolusi 14 cm = 9
- Range Respon data ketinggian tertinggi
 Resolusi 40 cm = 419 - 412
 Resolusi 40 cm = 7

Sehingga Resolusi keseluruhan untuk karakteristik sensor adalah rata rata dari resolusi keseluruhan = 7,269231
 Dari tabel diatas didapatkan grafik linieritas dari karakteristik sensor antara data bit terhadap tinggi sebagai berikut:



Gambar 4.15 Grafik Linieritas Dari Karakteristik Sensor Antara Data Bit Terhadap Tinggi

Data bit kemudian diubah kedalam bentuk ketinggian (h) dengan rumus gradien:

$$\frac{\text{data bit} - \text{data bit terendah}}{\text{jumlah data}} + C \dots\dots\dots 4.3$$

Pada pengujian sensor kapasitif didapatkan kelinieran pada saat ketinggian 15 cm. Maka dari itu range sensor kapasitif ini 15 cm sampai 40 cm dan memiliki span 40 cm - 15 cm = 35 cm.

Kemudian setelah mengetahui ketinggian pada LCD maka dapat di validasi sesuai dengan tinggi yang ditunjukkan pada

penggaris. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengambil data dari hasil nilai yang diukur dengan menggunakan alat yang sudah dirakit dan diukur secara manual untuk membandingkan sensor yang dirakit mendekati nilai ukur. Setelah diperoleh data, maka dilanjutkan dengan mencari nilai error, presisi dan akurasi untuk mengetahui performa sensor. dapat diketahui dengan rumus:

$$\bullet \text{ Error} = \left(\frac{|A-B|}{B} \right) \times 100\% \dots\dots\dots 4.4$$

dimana:

A= Nilai yang Terukur

B= Nilai yang Sebenarnya

$$\bullet \text{ Presisi} = 1 - \frac{|X_n - \bar{x}|}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots 4.5$$

dimana:

X_n = Nilai yang Terukur

\bar{x} = Nilai rata – rata

$$\bullet \text{ Akurasi} = 1 - \frac{|Y_n - X_n|}{Y_n} \times 100\% \dots\dots\dots 4.6$$

dimana:

X_n = Nilai yang Terukur

Y_n = Nilai sebenarnya

Tabel 4.15 Data Pengukuran Ketinggian Antara Pembacaan Di LCD Dan Penggaris

Tinggi (penggaris) cm	Tinggi (LCD) cm			Error	Presisi	Akurasi
	1	2	3			
14	14	13	14	0,0202%	0,97619	1
15	15	15	16		0,977778	1
16	16	17	17		0,958333	1
17	17	18	16		1	1
18	17	17	18		0,980392	0,944444
19	18	20	19		0,944444	0,947368
20	19	21	20		0,947368	0,95
21	22	22	21		0,984848	0,952381

Tinggi	Tinggi (LCD) cm			Error	Presisi	Akurasi
	22	21	23		1	1
22	22	23	23		0,969697	0,956522
23	24	24	25		0,986111	1
24	26	26	25		0,987179	0,96
25	25	25	26		0,986667	0,961538
26	27	29	28		0,962963	1
27	28	28	29		0,988095	1
28	29	29	31		0,977011	1
29	32	31	30		0,96875	0,933333
30	33	32	35		0,989899	0,935484
31	36	37	35		1	1
32	37	36	36		0,981982	1
33	38	39	38		0,991228	1
34	39	38	39		0,991453	1
35	40	39	39		0,983333	1

Dari tabel diatas maka dapat diketahui bahwa pada tiap ketinggian yang berbeda – beda memiliki akurasi dan presisi yang berbeda beda. Hal ini disebabkan bahwa perubahan keluaran sensor berbeda – beda maka keluaran untuk dibaca ADC pun berbeda – beda. Pengukuran dilakukan pada tangki penampung dengan diberi ketinggian air mulai dari 15 cm sampai dengan 40 cm menghasilkan error sebesar 0,0202%. Nilai yang tidak stabil dipengaruhi oleh alat ukur yang tidak menempel dengan sempurna sehingga selisih pembacaan angka pada alat ukur. Banyak faktor yang mempengaruhi antara lain ketika pengambilan data yang dilakukan berpindah tangan, pembacaan alat ukur kurang teliti, set temperatur air inputan terlalu panas atau dingin. Akan tetapi masih bisa ditoleransi yaitu dengan presisi rata – rata 0,979%.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dalam pembuatan sensor level air berbasis kapasitif dapat disimpulkan bahwa:

- a. Plat tembaga memiliki ukuran panjang 53 cm, lebar 5 cm, tebal 1,2 cm. Plat aluminium memiliki ukuran panjang 53 cm, lebar 5 cm, tebal 1,8 cm.
- b. Sensor kapasitif menggunakan rangkaian RC Low Pass Filter, Rangkaian peak detector, dengan input PWM dengan frekuensi 43KHz.
- c. Sensor kapasitif dirancang untuk fluida dengan temperatur normal sekitar $\pm 25^{\circ}\text{C}$
- d. Karakteristik sensor kapasitif memiliki range respon sebesar 4,185185 resolusi sebesar 7,269231 error sebesar 0, 0,0202% rata – rata presisi sebesar 0,979% rata rata akurasi sebesar 0,98004657%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian dalam pembuatan sensor level air berbasis kapasitif adalah sebagai berikut:

- a. Rancang bangun sensor level berbasis kapasitansi ini memiliki sifat dimana jika dipergunakan pada fluida yang berbeda maka efek kapasitansinya berbeda pula. Jadi jika ingin membuat sensor kapasitif harus memperhatikan fluida, bahan penyusun sensor dan rangkaiannya.
- b. Perancangan sensor kapasitif pada penelitian ini diujikan dalam temperatur sekitar $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Untuk TA wan selanjutnya agar meneruskan penelitian ini agar dapat membuat sensor dengan temperatur diatas suhu normal ataupun dibawah suhu normal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Urfiya, Ulfa. "BAB I PENDAHULUAN I.1. Latar Belakang Masalah," 22 11 2017. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/35626923/>
- [2] Magusti, Rafqie. Sensor Kapasitif untuk Mengukur Ketinggian Permukaan Air Laut Menggunakan Mikrokontroler Surabaya :Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2009.
- [3] James P. Schffer.(1999) “The Science And Design Of Engineering Material” , Mc Graw Hill Ccompanies second edition.
- [4] <http://elektronika-dasar.web.id/sensor-kapasitif/>
- [5] Scientific Equipment & Services, “STUDY OF DIELECTRIC CONSTANT Model: DEC-01” , New Adarsh Nagar, Roorkee - 247 667, UA, INDIA
- [6] Electronics Tutorials Team. Passive Low Pass Filter https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html
- [7] Depok Instruments “Passive Low Pass Filter” 2016. [Online]. Available:<https://depokinstruments.com/2016/09/16/passive-lpf-passive-low-pass-filter/>
- [8] Electronics Tutorials Team Passive Band Pass Filter https://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html
- [9] ECE Tutorials, “PEAK DETECTOR AND ZERO CROSSING DETECTOR USING OP-AMP” , [Online]. Available: <http://ecetutorials.com/analog-electronics/peak-detector-and-zero-crossing-detector-using-op-amp/>
- [10] Andrianto,Heri.2008.”Pemrograman mikrokontrolerr AVR Atmega 16 menggunakan bahasa C (codevision AVR)”.Bandung : informatika
- [11] DATASHEET ATMEGA 16, ATMEI, <https://pdf1.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf/view/78532/ATMEL/ATMEGA16.html>

- [12] A. Aryanti. (2014) Politeknik Negeri Sriijaya. TINJAUAN PUSTAKA ATMEGA 16, Palembang
- [13] Hikmah, Lailatul. (2009), *Implementasi Sensor Kapasitif Berbasis ATMEGA 8535 Pada Alat Ukur Kedalaman Sumur Artesis*. Surabaya;Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [14] DATASHEET LCD 16 X 2, Vishay, <https://circuitdigest.com/article/16x2-lcd-display-module-pinout-datasheet>
- [15] Nolvensius Ch. Makasenggehe, “PERANCANGAN POWER SUPPLAY DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN KEYPAD SEBAGAI PEMILIH TEGANGAN”, Jurusan Teknik Elektro-FATEK,UNSRAT,Manado
- [16] Dokumen Pribadi

LAMPIRAN A
(*LISTING PROGRAM PADA CODE VISION AVR*)

/******

*

**This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>**

**Project :
Version :
Date : 27/05/2018
Author : ANINDYA EGA RASTITI
Company :
Comments:**

**Chip type : ATmega16A
Program type : Application
AVR Core Clock frequency : 11,059200 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256**

/

#include <mega16a.h>

#include <delay.h>

// Alphanumeric LCD functions

#asm

.equ __lcd_port=0x15 ;PORTC

```
#endasm
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <io.h>
    bit display;
int pulse, timer, frek, period;

// External Interrupt 0 service routine
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    // Place your code here
    display=1;
}

#ifndef RXB8
#define RXB8 1
#endif

#ifndef TXB8
#define TXB8 0
#endif

#ifndef UPE
#define UPE 2
#endif

#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif

#ifndef FE
#define FE 4
#endif

#ifndef UDRE
```

```
#define UDRE 5  
#endif
```

```
#ifndef RXC  
#define RXC 7  
#endif
```

```
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)  
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)  
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)  
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)  
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
```

```
// USART Receiver buffer  
#define RX_BUFFER_SIZE 8  
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];
```

```
#if RX_BUFFER_SIZE <= 256  
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;  
#else  
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;  
#endif
```

```
// This flag is set on USART Receiver buffer overflow  
bit rx_buffer_overflow;
```

```
// USART Receiver interrupt service routine  
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)  
{  
char status,data;  
status=UCSRA;  
data=UDR;  
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |  
DATA_OVERRUN))==0)  
{  
rx_buffer[rx_wr_index++]=data;
```

```

#if RX_BUFFER_SIZE == 256
    // special case for receiver buffer size=256
    if (++rx_counter == 0) rx_buffer_overflow=1;
#else
    if (rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
    if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
    {
        rx_counter=0;
        rx_buffer_overflow=1;
    }
#endif
}
}

```

```

#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
    // Get a character from the USART Receiver buffer
    #define _ALTERNATE_GETCHAR_
    #pragma used+
    char getchar(void)
    {
        char data;
        while (rx_counter==0);
        data=rx_buffer[rx_rd_index++];
        #if RX_BUFFER_SIZE != 256
        if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
        #endif
        #asm("cli")
        --rx_counter;
        #asm("sei")
        return data;
    }
    #pragma used-
#endif

```

```

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

```

```

// Timer1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
// Place your code here
pulse=1;
}

#define ADC_VREF_TYPE 0xC0

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(4);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

// Timer 0 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Place your code here

timer++;
if(timer>=169)
{timer=0;
//frek=pulse*2;
//pulse=0;
display=1; }
}

```

```

// Declare your global variables here

void main(void)
{
// Declare your local variables here
unsigned char huruf [16] ;
int tinggi;
int kapasitansi ;
int Vpp,r ;
int Vc;
int arus;
int value;
int level[8];
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7= In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTB=0x00;
DDRB=0x1F;

// Port C initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0

```


**PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;**

**// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=In Func1=Out Func0=In
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=T
State1=0 State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0xFA;**

**// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 172,800 kHz
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x03;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;**

**// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 1382,400 kHz
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: On
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x02;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;**

**ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;**

**// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x69;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x2F;**

**// External Interrupt(s) initialization
// INT0: On
// INT0 Mode: Rising Edge
// INT1: Off
// INT2: Off
GICR|=0x40;
MCUCR=0x03;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x40;**

**// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x05;**

**// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600**

```
UCSRA=0x00;  
UCSRB=0x98;  
UCSRC=0x86;  
UBRRH=0x00;  
UBRRL=0x47;
```

```
// Analog Comparator initialization  
// Analog Comparator: Off  
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off  
ACSR=0x80;  
SFIOR=0x00;
```

```
// ADC initialization  
// ADC Clock frequency: 693,450 kHz  
// ADC Voltage Reference: Int., cap. on AREF  
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped  
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;  
ADCSRA=0x84;
```

```
// SPI initialization  
// SPI disabled  
SPCR=0x00;
```

```
// TWI initialization  
// TWI disabled  
TWCR=0x00;
```

```
// Alphanumeric LCD initialization  
// Connections are specified in the  
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD  
menu:  
// RS - PORTC Bit 0  
// RD - PORTC Bit 1  
// EN - PORTC Bit 2  
// D4 - PORTC Bit 3  
// D5 - PORTC Bit 4
```

```

// D6 - PORTC Bit 5
// D7 - PORTC Bit 6
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Sensor Kapasitif");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("By: Anindya Ega");
delay_ms(1000);
lcd_clear();

// Global enable interrupts
#pragma asm("sei")
lcd_clear();
PORTC.7=0;
delay_ms(1000);
PORTC.7=1;
display=1;
while (1)
{
    // Place your code here
    if(display==1)
    { r++;
      if(r>=4)
      {r=0;

        }
      level[r]= read_adc(1);
      tinggi=((Vpp-290)/8)+15;
      lcd_gotoxy(0,0);
      lcd_puts("h= ");
      sprintf(huruf,"%2dcm ",tinggi);
      lcd_puts(huruf);
    }
}

```

```

arus=read_adc(0)/4;;
kapasitansi=kapasitansi=(5022/Vc)-1;
kapasitansi=kapasitansi*1000/(6.28*43);
lcd_gotoxy(8,0);
lcd_puts("C=");
sprintf(huruf,"%3dnf",kapasitansi);
lcd_puts(huruf);

```

```

lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts("F=");
//sprintf(huruf,"%4d",period);
lcd_putsf("43KHz");

```

```

if(level[0]>=level[1])Vpp=level[0];
else Vpp=level[1];
if(Vpp<=level[2])Vpp=level[2];
else if(Vpp<=level[3])Vpp=level[3];
Vc=Vpp*4.9;

```

```

lcd_gotoxy(8,1);
lcd_puts("V=");
sprintf(huruf,"%4dmV",Vpp);
lcd_puts(huruf);

```

```

//PORTC.7=~PORTC.7;
PORTD.6=~PORTD.6;

```

```

pulse=0;
display=0;
}
if(pulse==1)
{

```

```

value=0;

```

```

if (PORTD.6==1)
{value=tinggi;}
else
{
    arus=read_adc(0)/4;
    value=arus;}
PORTD.7=value/128; //MSB1
value=value-(PORTD.7*128);
PORTD.5=value/64; //MSB1
value=value-(PORTD.5*64);
PORTD.4=value/32; //MSB1
value=value-(PORTD.4*32);
PORTB.4=value/16; //MSB1
value=value-(PORTB.4*16);
PORTB.3=value/8; //MSB1
value=value-(PORTB.3*8);
PORTB.2=value/4; //MSB1
value=value-(PORTB.2*4);
PORTB.1=value/2; //MSB1
value=value-(PORTB.1*2);
PORTB.0=value;

pulse=0;

}
}
}

```

LAMPIRAN B

(DATA SHEET SYSTEM ATMEGA16)

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 20x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

Preliminary

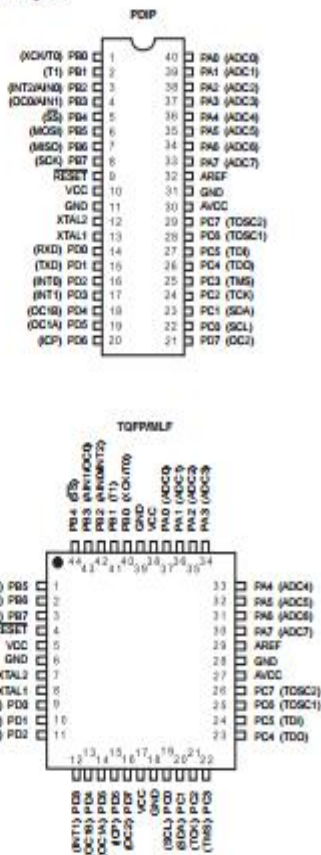
Rev. 2166C-AVR-12/02





Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

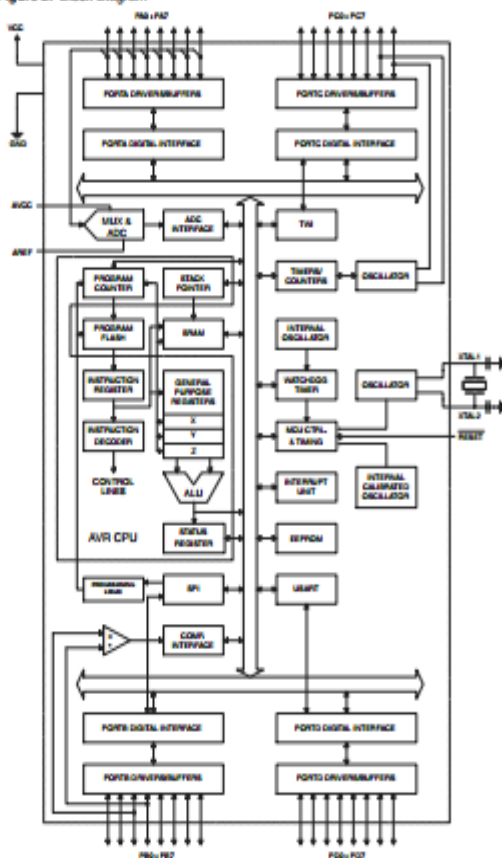
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a time base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 55.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega16 as listed on page 58.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega16 as listed on page 60.</p>
RESET	Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.





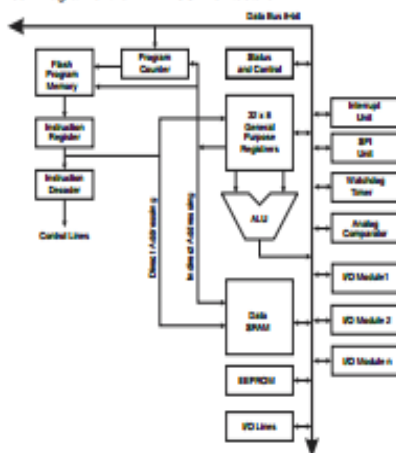
AVR CPU Core

Introduction

This section discusses the AVR core architecture in general. The main function of the CPU core is to ensure correct program execution. The CPU must therefore be able to access memories, perform calculations, control peripherals, and handle interrupts.

Architectural Overview

Figure 3. Block Diagram of the AVR MCU Architecture



In order to maximize performance and parallelism, the AVR uses a Harvard architecture – with separate memories and buses for program and data. Instructions in the program memory are executed with a single level pipelining. While one instruction is being executed, the next instruction is pre-fetched from the program memory. This concept enables instructions to be executed in every clock cycle. The program memory is In-System Reprogrammable Flash memory.

The fast-access Register file contains 32 x 8-bit general purpose working registers with a single clock cycle access time. This allows single-cycle Arithmetic Logic Unit (ALU) operation. In a typical ALU operation, two operands are output from the Register file, the operation is executed, and the result is stored back in the Register file – in one clock cycle.

Six of the 32 registers can be used as three 16-bit indirect address register pointers for Data Space addressing – enabling efficient address calculations. One of these address pointers can also be used as an address pointer for look up tables in Flash Program memory. These added function registers are the 16-bit X-, Y-, and Z-register, described later in this section.

The ALU supports arithmetic and logic operations between registers or between a constant and a register. Single register operations can also be executed in the ALU. After

an arithmetic operation, the Status Register is updated to reflect information about the result of the operation.

Program flow is provided by conditional and unconditional jump and call instructions, able to directly address the whole address space. Most AVR instructions have a single 16-bit word format. Every program memory address contains a 16- or 32-bit instruction.

Program Flash memory space is divided in two sections, the Boot program section and the Application Program section. Both sections have dedicated Lock bits for write and read/write protection. The SPM instruction that writes into the Application Flash memory section must reside in the Boot Program section.

During interrupts and subroutine calls, the return address program counter (PC) is stored on the Stack. The Stack is effectively allocated in the general data SRAM, and consequently the stack size is only limited by the total SRAM size and the usage of the SRAM. All user programs must initialize the SP in the reset routine (before subroutines or interrupts are executed). The Stack Pointer SP is read/write accessible in the I/O space. The data SRAM can easily be accessed through the five different addressing modes supported in the AVR architecture.

The memory spaces in the AVR architecture are all linear and regular memory maps.

A flexible interrupt module has its control registers in the I/O space with an additional global interrupt enable bit in the Status Register. All interrupts have a separate interrupt vector in the interrupt vector table. The interrupts have priority in accordance with their interrupt vector position. The lower the interrupt vector address, the higher the priority.

The I/O memory space contains 64 addresses for CPU peripheral functions as Control Registers, SPI, and other I/O functions. The I/O Memory can be accessed directly, or as the Data Space locations following those of the Register file, \$20 - \$5F.

ALU - Arithmetic Logic Unit

The high-performance AVR ALU operates in direct connection with all the 32 general purpose working registers. Within a single clock cycle, arithmetic operations between general purpose registers or between a register and an immediate are executed. The ALU operations are divided into three main categories - arithmetic, logical, and bit-functions. Some implementations of the architecture also provide a powerful multiplier supporting both signed/unsigned multiplication and fractional format. See the "Instruction Set" section for a detailed description.

Status Register

The Status Register contains information about the result of the most recently executed arithmetic instruction. This information can be used for altering program flow in order to perform conditional operations. Note that the Status Register is updated after all ALU operations, as specified in the Instruction Set Reference. This will in many cases remove the need for using the dedicated compare instructions, resulting in faster and more compact code.

The Status Register is not automatically stored when entering an interrupt routine and restored when returning from an interrupt. This must be handled by software.

The AVR Status Register - SREG - is defined as:

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	I	T	H	S	T	N	Z	C	SREG
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



Idle Mode

When the SM2..0 bits are written to 000, the SLEEP instruction makes the MCU enter Idle mode, stopping the CPU but allowing SPI, USART, Analog Comparator, ADC, Two-wire Serial Interface, Timer/Counters, Watchdog, and the interrupt system to continue operating. This sleep mode basically halts clk_{CPU} and clk_{FLASH} , while allowing the other clocks to run.

Idle mode enables the MCU to wake up from external triggered interrupts as well as internal ones like the Timer Overflow and USART Transmit Complete interrupts. If wake-up from the Analog Comparator interrupt is not required, the Analog Comparator can be powered down by setting the ACD bit in the Analog Comparator Control and Status Register – ACSR. This will reduce power consumption in Idle mode. If the ADC is enabled, a conversion starts automatically when this mode is entered.

ADC Noise Reduction Mode

When the SM2..0 bits are written to 001, the SLEEP instruction makes the MCU enter ADC Noise Reduction mode, stopping the CPU but allowing the ADC, the External Interrupts, the Two-wire Serial Interface address watch, Timer/Counter2 and the Watchdog to continue operating (if enabled). This sleep mode basically halts clk_{IO} , clk_{CPU} , and clk_{FLASH} , while allowing the other clocks to run.

This improves the noise environment for the ADC, enabling higher resolution measurements. If the ADC is enabled, a conversion starts automatically when this mode is entered. Apart from the ADC Conversion Complete interrupt, only an External Reset, a Watchdog Reset, a Brown-out Reset, a Two-wire Serial Interface Address Match Interrupt, a Timer/Counter2 interrupt, an EEPROM ready interrupt, an External level interrupt on INT0 or INT1, or an external interrupt on INT2 can wake up the MCU from ADC Noise Reduction mode.

Power-down Mode

When the SM2..0 bits are written to 010, the SLEEP instruction makes the MCU enter Power-down mode. In this mode, the External Oscillator is stopped, while the External Interrupts, the Two-wire Serial Interface address watch, and the Watchdog continue operating (if enabled). Only an External Reset, a Watchdog Reset, a Brown-out Reset, a Two-wire Serial Interface address match interrupt, an External level interrupt on INT0 or INT1, or an External interrupt on INT2 can wake up the MCU. This sleep mode basically halts all generated clocks, allowing operation of asynchronous modules only.

Note that if a level triggered interrupt is used for wake-up from Power-down mode, the changed level must be held for some time to wake up the MCU. Refer to "External Interrupts" on page 64 for details.

When waking up from Power-down mode, there is a delay from the wake-up condition occurs until the wake-up becomes effective. This allows the clock to restart and become stable after having been stopped. The wake-up period is defined by the same CKSEL fuses that define the reset time-out period, as described in "Clock Sources" on page 23.

Power-save Mode

When the SM2..0 bits are written to 011, the SLEEP instruction makes the MCU enter Power-save mode. This mode is identical to Power-down, with one exception:

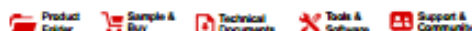
If Timer/Counter2 is clocked asynchronously, i.e., the AS2 bit in ASSR is set, Timer/Counter2 will run during sleep. The device can wake up from either Timer Overflow or Output Compare event from Timer/Counter2 if the corresponding Timer/Counter2 interrupt enable bits are set in TIMSK, and the Global Interrupt Enable bit in SREG is set.

If the Asynchronous Timer is NOT clocked asynchronously, Power-down mode is recommended instead of Power-save mode because the contents of the registers in the



LAMPIRAN C

(DATA SHEET LM358 DUAL OPERATIONAL AMPLIFIER)



LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N
SLO087D – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2014

LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112, [SNVA009](#))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.
- Advantages:
 - Two Internally Compensated Op Amps
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
 - Compatible with All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

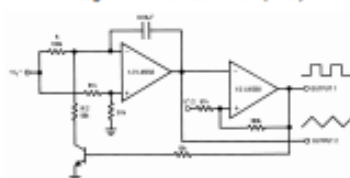
The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	CDIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
	PDIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm

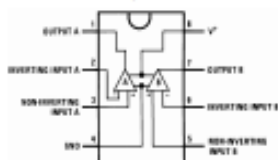
(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)

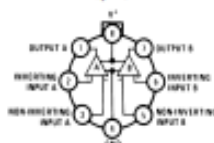


5 Pin Configuration and Functions

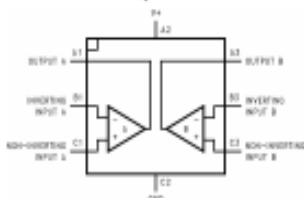
D, P, and NAB Package
8-Pin SOIC, PDIP, and CDIP
Top View



LMC Package
8-Pin TO-99
Top View



YPB Package
8-Pin DSBGA
Top View



Pin Functions

PIN			TYPE	DESCRIPTION
DR/LMC NO.	DSBGA NO.	NAME		
1	A1	OUTA	O	Output, Channel A
2	B1	-INA	I	Inverting Input, Channel A
3	C1	+INA	I	Non-Inverting Input, Channel A
4	C2	GND / V-	P	Ground for Single supply configurations, negative supply for dual supply configurations
5	C3	+INB	I	Output, Channel B
6	B3	-INB	I	Inverting Input, Channel B
7	A3	OUTB	O	Non-Inverting Input, Channel B
8	A2	V+	P	Positive Supply

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

See (1)(2)(3).

		LM158, LM258, LM358, LM158A, LM258A, LM358A		LM2904		UNIT
		MIN	MAX	MIN	MAX	
Supply Voltage, V^+			32		26	V
Differential Input Voltage			32		26	V
Input Voltage		-0.3	32	-0.3	26	V
Power Dissipation ⁽⁴⁾	PDIP (P)		830		830	mW
	TO-99 (LMC)		550			mW
	SOIC (D)		530		530	mW
	DSBGA (YPB)		435			mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) ⁽⁵⁾	$V^+ \leq 15$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$		Continuous		Continuous	
Input Current ($V_{IN} < -0.3$ V) ⁽⁶⁾			50		50	mA
Temperature		-55	125			$^\circ\text{C}$
	PDIP Package (P): Soldering (10 seconds)		260		260	$^\circ\text{C}$
	SOIC Package (D)		215		215	$^\circ\text{C}$
	Vapor Phase (60 seconds)					
	Infrared (15 seconds)		220		220	$^\circ\text{C}$
Lead Temperature	PDIP (P): (Soldering, 10 seconds)		260		260	$^\circ\text{C}$
	TO-99 (LMC): (Soldering, 10 seconds)		300		300	$^\circ\text{C}$
Storage temperature, T_{stg}		-65	150	-65	150	$^\circ\text{C}$

(1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Recommended Operating Conditions indicate conditions for which the device is intended to be functional, but specific performance is not ensured. For ensured specifications and the test conditions, see the Electrical Characteristics.

(2) Refer to RETS158A for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.

(3) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(4) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

(5) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of +15 V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

(6) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3 V (at 25°C).

LAMPIRAN D

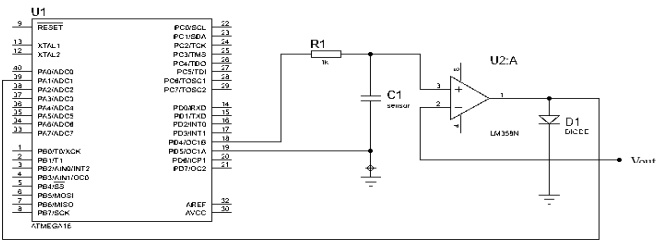
(DATA SHEET CAPACITIVE LEVEL SENSOR)

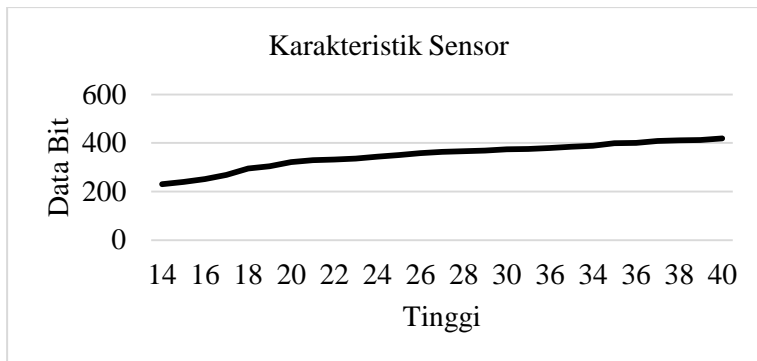


List porting modul sensor pada mikrocontroller ATmega 16

Pin/Port	A	state	B	state	C	state	D	state
0	adc1sense	T	Level 0 /out	0	LCD 0	0	rx2	T
1	adc1level	T	Level 1 /out	0	LCD 1	0	tx2	0
2			Level 2 /out	0	LCD 2	0	levelsensor 1/int0	T
3			level 3 /out	0	LCD 3	0	levelsensor 2/int1	P
4			level 4 /out	0	LCD 4	0	level 5 /out	0
5			mosi 2	T	LCD 5	0	level 6 /out	0
6			miso 2	T	LCD 6	0	level 7 /out	0
7			sck 2	T	LCD 7	0	level 8 /out	0

Modul Sensor Kapasitif





Bahan	Sepasang plat tembaga
Isolator	Isolasi
Jarak antar plat	1 mm
Ukuran tiap plat	Panjang : 53 cm Lebar : 5cm Tebal : 1,2 mm
Range pengukuran	0 cm – 30 cm
Error	0,0202%
Presisi	0,979%
Akurasi	0,98004657%
Temperatur	10°C - 30°C
Tegangan	1,116396 V - 2,041525 V

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Surabaya, 5 Agustus 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pada tahun 2003 penulis menyelesaikan pendidikan di TK Jaya Negara Surabaya. Tahun 2009 lulus dari SDN Klampis Ngasem III Surabaya. Tahun 2012 lulus dari SMP Negeri 30 Surabaya dan tahun 2015 dari SMA Trimurti Surabaya. Penulis diterima di Departemen Teknik Instrumentasi Fakultas Vokasi ITS. Penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SENSOR LEVEL AIR BERBASIS KAPASITIF DI TANGKI PENAMPUNG PADA MINI PLANT HEAT EXCHANGER”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran , atau pertanyaan mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email anindyae5@gmail.com